தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்

(Text to speech processing in Tamil)

இராசேந்திரன் சங்கரவேலாயுதம்
அமிர்தா விஷ்வ வித்யபீடம் பலகலைக்கழகம்
கோயம்பத்தூர்
rajushush@yahoo.com

1. அறிமுகம்

பேச்சு சொல் பேச்சின் சிறு அலகுகளால் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டது என்ற ஒலி அடிப்படையிலான எழுதும் ஒழுங்குமுறையில் உள்ளுறையும் கருத்து ஒலியனியலின் எல்லாத் தற்காலக் கோட்பாடுகளையும் உள்ளடக்கும் யுஆர்-கோட்பாடு ஆகும். நாம் இங்கு தற்காலப் பேச்சறிதல் மற்றும் பேச்சுருவாக்கத் தொழில்நுட்பத்தையும் கணினி ஒலியனியல் (computational phonology) என்ற தொடர்புள்ள மொழியியலின் கிளைளையும் அறிந்துகொள்ள அடிப்படை உள்ளறிவையும் வழிமுறை வரைவுகளையும் அறிமுகப்படுத்த வேண்டும்.

தானியங்கு பேச்சறியும் முக்கியமான செயல்பாடு ஒலியியக்க அலைவடிவை உள்ளீடாக ஏற்றுச் சொற்களின் கோர்வையை வெளியீடாக உற்பத்தி செய்யும். எதிரிடையாக உரையிலிலிருந்து பேச்சுருவாக்கம் என்ற முக்கியச் செயல்பாடு உரைச் சொற்களின் கோர்வையை உள்ளீடாக ஏற்று ஒலியியக்க அலைகளை வெளியீடாகப் பெறுவதாகும். பேச்சைப் புரிந்து கொள்ளுதல் மற்றும் உருவாக்குதல் இவற்றின் பயன்பாடு பல்வகைப்பட்டதாகும்: தானியங்கு கேட்டெழுத்துதல் (automatic dictation), ஒலிபெயர்ப்பு, கணிப்பொறிக்குப் பேச்சு அடிப்படையிலான இடைமுகங்கள் மற்றும் தொலை பேசிகள், பேச்சுக் குறையுள்ளவர்களுக்குக் குரல்சார்ந்த உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு என்பனவாகும்.

இங்கு நாம் பேச்சறிவான் (speech recognizer) மற்றும் உரையிலிருந்து பேச்சு (text-to-speech) ஒழுங்குமுறைகள் என்பனவற்றில் கவனம் செலுத்துவோம்: எவ்வாறு சொற்கள் ஒலிகள் (phones) என்ற தனிப்பட்ட பேச்சு அலகின் அடிப்படையில் உச்சரிக்கப்படுகிறது? பேச்சறியும் ஒழுங்குமுறை அது புரிந்துகொள்ள இயலும் ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் உச்சரிப்பை வேண்டும். உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் ஒரு உச்சரிப்பை வேண்டும். நாம் இங்கு உச்சரிப்பை விளக்க ஒலி நெடுங்கணக்குகளை (phonetic alphabets) ஒலியியல் (phonetics) களத்தின் பகுதியாக அறிமுகப்படுத்த வேண்டி வரும். மேலும் நாம் ஒலிப்புமுறை ஒலியியல் (articulatory phonetics) என்பதையும் அறிய வேண்டி வரும். இது எவ்வாறு வாயிலுள்ள ஒலிப்பான்களால் பேச்சொலிகள் உருவாக்கப்படுகிறது என்பதை ஆயும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலி எப்பொழுதும் ஒவ்வொரு சூழலிலும் ஒரேமாதிரி உச்சரிக்கப்படுகிறது என்றிருக்குமானால் உச்சரிப்பை மாதிரிப்படுத்துவது எளிதாகும். ஆனால் இது அவ்வாறில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் [த்] என்ற ஒலி வேறுப்பட்ட ஒலிச்

சூழல்களில் மிக வேறுபட்டு மெய்ப்படுத்தம் செய்யப்படுகிறது. மொழியியலில் ஒலியனியல் (phonology) களம் வேறுபட்ட சூழலில் ஒலிகள் வேறுபட்டு மெய்படுத்தம் செய்யப்படுகின்றது என்பதையும் எவ்வாறு ஒலிகளின் இவ்வொழுங்குமுறை மீதி இலக்கணத்துடன் தொடர்புடையது என்பதையும் விளக்குகிறது. நாம் இவ்வேறுப்பட்ட மெய்ப்படுத்தங்களை விளக்க ஒலியனியல் விதிகளை (phonological rules) எழுத வேண்டும்.

கணினி வழி ஒலியனியல் ஆய்வு கணினி ஒலியனியல் (computational phonology) என்று அறியப்படும். கணினி ஒலியனியலின் முக்கியமான பகுதி ஒலியனியல் விதிகளை மாதிரிப்படுத்தும் கணினி இயங்குமுறைகளின் ஆய்வாகும். நாம் எவ்வாறு எழுத்துக்கூட்டல் மாற்றிகள் (spelling-rule transducers) ஒலியனியலை மாதிரிப்படுத்த இயலும் என்று காட்ட வேண்டும். பின்னர் ஒலியனியல் கற்றலின் (phonological learning) கணினி மாதிரிகளை விளக்க வேண்டும்: எவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகள் இயந்திரக் கற்றல் வழிமுறைவரைவுகளால் தானாக ஊக்கப்படுத்த இயலும். இறுதியாக நாம் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளில் ஒரு முக்கியமான சிக்கலுக்கு வேண்டி ஒலியனியலின் மாற்றி அடிப்படையிலான மாதிரியைப் (transducer-based model) பிரயோகிக்க வேண்டும்: எழுத்துக்களின் கோர்வைகளிலிருந்து ஒலிகளின் கோர்வைகளைப் பொருத்துதல். நாம் முதலில் பெரிய ஒலிப்பு அகராதியை உருவாக்குவதில் உள்ள சிக்கல்களை அளவிட வேண்டும். பின்னர் எவ்வாறு மாற்றி அடிப்படையிலான சொற்களஞ்சியங்களும் எழுத்துக்கூட்டல் அலகுகளும் எழுத்திலிருந்து உச்சரிப்புக்குப் பொருத்துவதற்கு உச்சரிப்புகளால் பெரிதுபடுத்தப்பட வேண்டும் என்று காட்ட வேண்டும்.

2. உரையிலிருந்து பேச்சு

உரையிலிருந்து பேச்சு என்ற கலைச் சொல் உள்ளீட்டு உரையை பேச்சு கூற்றாக மாற்றுவதைக் குறிக்கிறது. உள்ளீட்டு உரையில் சொற்கள், வாக்கியங்கள், பத்திகள், எண்கள் மற்றும் சுருக்கங்கள் கூட உட்படுத்தப்படும். உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்று செயல்முறை உரையை அடையாளம் காண வேண்டும். எந்த தெளிவற்ற தன்மையும் இல்லாமல், அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலி வெளியீட்டை ஏற்றுக்கொள்ளத்தக்க வகையில் உருவாக்கும். இதன் பொருள் உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தின் வெளியீட்டின் தரம் இயற்கையான பேச்சுக்கு முடிந்தவரை நெருக்கமாக இருக்கும்படி செய்யப்பட வேண்டும்.

2.1 ஒலியன்களும் ஒலியன் விதிகளும்

உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தில் எழுத்துக்களால் அல்லது எழுத்துக்களின் கோவைகளால் ஆன உரையானது ஒலிவடிவில் அல்லது ஒலிகளின் கோவையாக மாற்றப்படவேண்டும். முதலில் எழுத்துக்கள் ஒலியன்களாக (phonemes) மாற்றப்படவேண்டும். தமிழ் போன்ற மொழிகளில் இது எளிது ஏனென்றால் தமிழ் எழுத்துக்கள் தமிழ் ஒலியன்களின் நேரடி வடிவம் தான். ஆனால் ஆங்கிலம் போன்ற மொழிகளில் எழுத்துவடிவமும் ஒலியன் வடிவமும் வேறாகும். எழுத்துக்களின்

கோவைகளுக்கும் ஒலியன்களின் கோவைகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு நேரடியானதல்ல. எனவே ஆங்கிலம் போன்ற மொழிகளில் எழுத்து வடிவம் அல்லது எழுத்துகளின் கோவை ஒலியன்களின் கோவையாக மாற்றப்படவேண்டும். எனவே எழுத்துகளிலிருந்து ஒலியன்களாக மாற்றும் விதிகள் ஆங்கிலத்தில் தேவை. தமிழில் இது எளிதாகும்.

ஒலியன்களின் கோவைகளாக மாற்றப்பட்ட உரை ஒலிகளின் கோவைகளாக மாற்றப்படவேண்டும். ஒலியன்கள் வேறுபட்ட சூழல்களில் வேறுபட்டு உருவாக்கப்படும். ஒலியன்கள் தமக்குள் சூழல் அடிப்படையில் மாற்றொலிகளின் (allophones) ஒரு குழுமத்தால் உருப்படுத்தம் செய்யப்படும். ஒலியனுக்கும் அதன் மாற்றொலியன்களுக்கும் இடையில் உள்ள உறவு ஒலியன்களின் விதியால் பெறப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் /க்/ என்ற ஒலியனை உருப்படுத்தம் செய்யப்படும் மூன்று மாற்றொலியன்களைப் பின்வருமாறு ஒலியனியல் விதியால் விளக்கலாம்:

k ⟶ g/N

k ⟶ x/V-V

k ⟶ k/ பிற சூழல்களில்

அதாவது மூக்கொலி முன் கடையண்ணக் குரலிலா ஒலியானது கடையண்ணக் குரல் ஒலியாகவும் இரு உயிர்களுக்கிடையில் கடையண்ண உரசொலியாகவும் பிற சுழல்களில் குரலிலா அடைப்பொலியாகவும் உருப்படுத்தம் பெறும். தமிழில் /ப்/ என்ற ஒலியனுக்கு நான்கு மாற்றொலிகள் உள்ளன. இம்மாற்றொலிகள் உச்சரிப்பால் வேறுபடும் மற்றும் இவை தமது வருகையால்/வினியோகத்தால் அல்லது கூற்றில் அவை வரும் இடத்தால் வேறுபடும். இதுபோன்று /த்/, /ட்/, /ச்/, /க்/ என்ற ஒலியன்களுக்கு முறையே நான்கு மாற்றொலிகள் உள்ளன. /ற்/ என்பதற்கு மூன்று மாற்றொலிகள் உள்ளன. பிற மெய்யொலிகள் ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டுள்ளன. மெய்யொலியன்களைப் போலவே உயிரொலியன்களும் மாற்றொலிகளைக் கொண்டுள்ளன: /இ/ என்பது மூன்று மாற்றொலிகளை கொண்டுள்ளது; /ஈ/ ஒரேயொரு மாற்றொலி கொண்டது; /எ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஏ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /அ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஆ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /உ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஊ/ ஒரெயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /ஒ/ இரண்டு மாற்றொலியைக் கொண்டது. /ஓ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது.

உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தில் ஒலியன்களின் மாற்றொலிகள் கவனத்தில் கொள்ளப்படவேண்டும். அவ்வாறு செய்யும் போது தான் பேச்சாக்கம் இயற்கையானதாக இருக்கும்.

2.2. ஒலியனியல் விதிகளும் முற்றுநிலை மாற்றிகளும்

ஒலியனியல் விதிகளை முற்றுநிலை மாற்றிகளால் நடைமுறை படுத்தலாம். ஒலியனியல் விதிகளை மெய்ப்படுத்தம் செய்ய முற்றுநிலைத் தானியங்கியை பலவழிகளில் பயன்படுத்தும் கணினி ஒலியனியலின் வேறுப்பட்ட மாதிரிகள் இருக்கின்றன. இவற்றில் ஒன்று நாம் கணினி உருபனியலில் பார்க்க இருக்கும் கொஸ்கென்னியின் இருமட்ட

உருபனியலாகும் (two-level morphology of Koskenniemi (1983)). இருமட்ட உருபனியல் சொல் வடிவுக்கும் புற வடிவுக்கும் இடையே உள்ள பொருத்தத்தின் மீது முற்றுநிலை நல்லுருவாக்கக் கட்டுப்பாடுகளாக மாதிரி செய்யும் உருபனியல்/ஒலியனியல் கோட்பாடாகும். கணினி ஒலியனியலின் உயர்வான சிக்கல்களை நேரிட ஒலியனியலின் இருமட்ட அல்லது முற்றுநிலை மாதிரியின் கூடுதல் சிறப்பான உபாயம் பயன்படுத்தப்படும். ஒலியனியல் விதிகளைப் பொறியால் கற்கச் செய்யலாம். ஒரு பரப்பிலிருந்து சிறிது தரவும் பிற தகவல்களும் தரப்படுகையில் அது அப்பரப்பிற்குத் தானாக ஒரு மாதிரியைத் தூண்டுவது பொறி கற்றல் ஒழுங்குமுறையின் வேலையாகும். இவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகளைக் கற்கவேண்டி ஒரு ஒழுங்குமுறைக்கு அதிலிருந்து தூண்ட சொற்களின் (புற வடிவங்களின்) குறைந்தது ஒரு குழும விதிகள் தரப்படும். ஒரு கண்காணிக்கப்பட்ட வழிமுறைவரைவு (supervised algorithm) இத்தரவின் சிறுபகுதிக்கு விடைகள் தரப்படுகையில் இவ்விடைகளைப் பயன்படுத்தி அது முன்னர் பார்க்காத புதிய தரவைப் பொதுமையாக்கம் செய்யவியலும் ஒரு மாதிரியைத் தூண்டும். கண்காணிக்கப்படாத வழிமுறைவரைவு (unsupervised algorithm) இதைத் தரவிலிருந்தே செய்கின்றது. கண்காணிக்கப்படாத வழியமைப்புகள் வகுப்புகளுக்குச் சரியான புலக்குறிகளைப் பார்க்காமல் இருந்தாலும், அவைகள் உருவாக்க வேண்டிய விதிகளின் அல்லது மாதிரிகளின் இயல்பைப் பற்றி குறிப்பைத் தர இயலும். எடுத்துக்காட்டாக, தானியங்கி வடிவில் மாதிரிகள் இருக்கும் என்ற அறிவு ஒருவகைக் குறிப்பாகும். இம்மாதிரியான குறிப்புகள் கற்றல்சார் தவறானகருத்துகள் (learning bias) எனப்படும்.

2.3. உரையிலிருந்து பேச்சுக்குவேண்டி உரையை ஒலியன்களுக்குப் பொருத்துதல்

நாம் ஒரு மொழியின் ஒலிகளின் பட்டியலைத் தெரிந்துக் கொள்ளவும் எவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகளை மாதிரிப் படுத்துவது என்பதை அறிந்துகொள்ளவும் செய்தால் எழுத்திலிருந்து அல்லது உரைச் சொல்லிருந்து அதன் உச்சரிப்புக்குப் பொருத்தும் சிக்கலை ஆயத் தயார் என்பதாகும்.

2.3.1. உச்சரிப்பு அகராதிகள்

உச்சரிப்பு அகராதிகள் உரையிலிருந்து பேச்சுக்குப் பொருத்த மிக பயனுள்ள கருவியாகும். எளிய உச்சரிப்பு அகராதிகள் சொற்களின் பட்டியலையும் அவற்றின் உச்சரிப்பையும் தரும் (Jurafsky and Martin, 2000: 120).

Word	Pronunciation	Word	Pronunciation
cat	[kæt]	goose	[gus]
cats	[kæts]	geese	[gis]
pig	[pɪg]	hedgehog	[‘hɛʤ.hɔg]
pigs	[pɪgz]	hedgehogs	[‘hɛʤ.hɔgz]
fox	[fax]		
foxes	[‘fak.sɪz]		

PRONLEX, CMUdict, மற்றும் CELEX என்ற இணையத்தள உச்சரிப்பு அகராதிகள் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை பேச்சைத் தெரிந்து கொள்கைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றைப் பேச்சு கூட்டிணைப்புக்கும் பயன்படுத்த வேண்டி சுவீகரித்துக் கொள்ளலாம்.

2.3.2. அகராதியை நோக்குவதற்கு அப்பாற்பட்ட உரை ஆய்வு

ஆரம்பகால உரைகளிலிருந்து பேச்சாய்வுகள் உரையிலிருந்து ஒலிகளுக்குப் பொருத்த உச்சரிப்பு அகராதிகளை சார்ந்திருந்தன. முன்னர் கூறியபடி உரைகளிலிருந்து ஒலிகளாகப் பொருத்தமாற்றம் செய்யும் ஒரு வழி ஒவ்வொரு சொற்களின் உச்சரிப்பையும் உச்சரிப்பு அகராதியைப் பார்த்தறிந்து ஒலிகளின் கோர்வையை அகராதியிலிருந்து படிப்பதாகும். இந்த நெறிமுறை ஏற்கெனவே அகராதியில் தரப்பட்ட சொற்களுக்குப் பொருத்தும். ஆனால் பலச்சொற்கள் முன்னரே அகராதியில் தரப்படாததற்கான சூழல் சாத்தியம் இருக்கின்றன. இத்தகைய நிலையில் நாம் அகராதியில் தரப்படாத சொற்களின் உச்சரிப்பைத் தெரிந்துக்கொள்ள நிகழ்வுசாத்திய நுட்பங்களைப் (probabilistic techniques) பயன்படுத்த வேண்டிவரும்.

2.3.3. முற்றுநிலைமாற்றி அடிப்படையில் உச்சரிப்பு அகராதி

உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் தொடக்கக்கால உச்சரிப்பு மாதிரி எழுத்திலிருந்து ஒவ்வொரு விதியும் எவ்வாறு ஒரு எழுத்து அல்லது எழுத்துக்களின் இணைப்பு ஒலிகளாக பொருத்தமாற்றம் செய்யப்பட்டன என்று குறிப்பிட்டுக் காட்டியது. கீழே விற்றன் (Witten, 1982) என்பவரின் விதி அடிப்படை வடிவு தரப்பட்டுள்ளது (Jurafsky and Martin, 2000: 125):

Fragment	Pronunciation
- p -	[p]
- ph -	[f]
- phe -	[fi]
- phes -	[fiz]
- place -	[pleɪs]
-placi -	[pleɪsi]
-plement -	[plɪmɛnt]

ஸ்ஃப்ரோட் (Sproat) மற்றும் அவருடன் சேர்ந்த பிறரும் உரையிலிருந்து பேச்சுக்கு மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தினார்கள். நாம் அவர்களின் மாற்றி அணுகுமுறையை ஐந்து பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்:

1.அகராதியிலுள்ள தனிச் சொற்களுக்கும் உருபன்களுக்கும் உச்சரிப்பை உருப்படுத்தம் செய்யும் முற்றுநிலை மாற்றி

2. உருபன்களின் சாத்தியமானத் தொடர்ச்சியை உருப்படுத்தம் செய்யும் முற்றுநிலைத் தானியங்கிகள்

3. ஒவ்வொரு உச்சரிப்பு விதிகளுக்கும் தனியான முற்றுநிலை மாற்றி

4.பெயர்களின் மற்றும் சுருக்கப்பெயர்களின் உச்சரிப்பை மாதிரிப்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படும் உள்ளுணர்வு மற்றும் எழுத்திலிருந்து-ஒலி விதிகள்/ மாற்றிகள்

5.எந்த பிற அறியாத சொற்களுக்கும் வழுநிலை எழுத்திலிருந்து-ஒலி விதிகள்/மாற்றிகள்

உரையிலிருந்துப் பேச்சுக்கான உரையிலிருந்து ஒலிக்குப் பொருத்தமாற்றம் (Jurafsky and Martin, 2000:127):

Orthographic Lexicon	Lexicon
Regular Nouns	
cat	c/k a|æ t|t
fox	f|f o|ɑ x/ks
dog	d|d o|ɑ g|g
Irregular Singular Nouns	
goose	g|g oo|u s|s e|ɛ
Irregular Plural Nouns	
go:e o:e se	g| g oo|u: ee|i s|s e|ɛ

மேற்சொன்னப் படத்தில் அகராதிக்கு இரண்டு நிலைகள் இருக்கின்றன. ஒன்று உள்ளுறையும் சொல்சார் மட்டம்; மற்றொன்று இடைப்பட்ட மட்டம். இதில் இடைப்பட்ட மட்டத்தை புற மட்டத்திற்கு பொருத்தமாற்றம் செய்ய எழுத்துக்கூட்டல் விதிகளையும் உச்சரிப்பு விதிகளையும் பயன்படுத்தும் மாற்றிகளைச் சேர்க்க வேண்டும். இது வேறுபட்ட எழுத்துகூட்டல் விதிகளையும் ஒலியன் விதிகளையும் உள்ளடக்கும். சொற்களஞ்சியம் மற்றும் ஒலியனியல் விதிகள் மற்றும் வரிவடிவ விதிகள் என்பனவற்றைச் சொல் உருப்படுத்தத்திற்கும் புற உருப்படுத்தத்திற்கும் இடையில் பொருத்த மாற்றம் செய்யப் பயன்படுத்தலாம். சொற்களஞ்சிய முற்று நிலை மாற்றிகள், அடிகள் மற்றும் ஒலியனியல் பண்புக் கூறுகளைக் கொண்ட சொல் மட்டத்திற்கும் உருபன்களின் எளிய இணைப்பை உருப்படுத்தம் செய்யும் இடைப்பட்ட மட்டத்திற்கும் இடையில் பொருத்தமாற்றம் செய்கிறது. பின்னர் ஒரு தனி எழுத்து விதிக் கட்டுப்பாடு அல்லது தனி ஒலியனியல் கட்டுப்பாடு இவற்றில் ஒன்றை உருப்படுத்தம் செய்யும் ஒருகுழும முற்றுநிலை மாற்றிகள் இடை மட்டம் மற்றும் புறமட்டம் இவற்றிற்கிடையில் பொருத்தமாற்றம் செய்ய இணையாகச் செயல்படுகின்றது. ஒவ்வொரு மட்டத்திற்கும் வரிவடிவ மற்றும் ஒலியனியல் உருப்படுத்தங்கள் இருக்கின்றன. உள்ளீடு சொல் வடிவில் இருக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சு பயன்பாடுகளுக்கு (எ.கா. ஒழுங்குமுறை சொல்லின் சொல்சார் அடையாளம், அதன் சொல்வகைப்பாடு, அதன் திரிபு இவற்றை அறியும் உரை

ஆக்கத்திற்கு) முற்றுநிலை மாற்றிகள் சொல் வடிவிலிருந்து புற உச்சரிப்புக்குப் பொருத்த மாற்றம் செய்ய இயலும். உள்ளீடு புற எழுத்துக்கூட்டலாக இருக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சுப் பயன்பாடுகளுக்கு (எ.கா. "உரையை உரக்கப் படிக்கும்" பயன்பாடுகளுக்கு) முற்றுநிலை மாற்றிகள் உள்ளுறையும் சொல் வடிவு வழி புற வரிவடிவத்திலிருந்து புற உச்சரிப்பை பொருத்தமாற்றம் செய்யவியலும்.

இறுதிச் சிக்கல் தலைப்பெழுத்தன்களைப் (acronyms) பற்றியதாகும். தலைப்பெழுத்தன்களைக் முற்றுப்புள்ளிகளுடன் (எ.கா. I.R.S.) அல்லது முற்றுப்புள்ளிகள் இல்லாமல் (எ.கா. IRS) எழுத்துக்கூட்டலாம். முற்றுப்புள்ளிகளுடன் உள்ள தலைப்பெழுத்தன்களை எழுத்துக்கூட்டி உச்சரிக்கலாம் (எ.கா [aɪɑrɛs]). பொதுவாக முற்றுப்புள்ளிகள் இல்லாமல் தோன்றும் தலைப்பெழுத்தன்களைச் (எ.கா. *AIDS*, *ANSI*, *ASCAP*) சொல்லாக எழுத்துக்கூட்டவோ உச்சரிக்கவோ செய்யலாம். எனவே *AIDS* எனதை *aid* என்ற வினையின் படர்க்கை இட வடிவு போன்றே உச்சரிக்கலாம். லிபர்மான் மற்றும் சர்ச் (Liberman and Church, 1992) சொற்களாக உச்சரிக்கப்படும் தலைப்பெழுத்தன்களின் ஒரு சிறிய அகராதியை வைத்திருக்கவும் மீதமுள்ளவற்றை எழுத்துக்கூட்டவும் யோசனை கூறுகின்றார்.

2.4. உரையிலிருந்து-பேச்சில் மீக்கூறு

முன்னர் கூறிய வரிவடிவிலிருந்து ஒலிக்குச் செல்லும் மற்றிச் செயல்பாங்கு பேச்சை உருவாக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் பகுதிக்கு உள்ளீட்டின் முக்கியக் கூறை உருவாக்கும். உள்ளீட்டின் மற்றொரு முக்கிய பாகம் மீக்கூறின் குறிப்பீடாகும். மீக்கூறு என்ற கலைச்சொல் பொதுவாகச் சொற்களஞ்சியத்திலிருந்து ஆக்கப்பட்ட ஒலிகளின் தொடர்ச்சியால் விளக்கப்படாத ஒரு வாக்கியத்தின் உச்சரிப்பின் நோக்குகளைக் குறிப்பிட பயன்படும். மீக்கூறு ஒலிகளைக் காட்டிலும் நீண்ட மொழி அலகுகளின் மீது செயல்படும். எனவே இது மீக்கூறு நடப்பின் ஆய்வு என்று சிலநேரங்களில் அழைக்கப்படும். மீக்கூறுக்கு மூன்று முக்கிய ஒலியனியல் நோக்குகள் இருக்கின்றன: மேன்மை (prominence), அமைப்பு (structure) மற்றும் சுரம் (tune). மேன்மை அசையழுத்தத்தையும் (stress) ஒலியழுத்தத்தையும் (accent) உள்ளடக்கும். மேன்மை என்பது அசைகளின் தன்மையாகும். இது ஒரு அசை மற்றொரு அசையைக்காட்டிலும் மேன்மையுடையது என்று ஒத்தறி அடிப்படையில் விளக்கப்படும். உச்சரிப்புச் சொற்களஞ்சியங்கள் சொல்சார் அசையழுத்தத்தைக் குறியீடுசெய்யும். எடுத்துக்காட்டாக *table* என்பது அசையழுத்தத்தை அதன் முதல் அசையிலும் *machine* என்பது அதன் அசையழுத்தத்தை இரண்டாவது அசையிலும் கொண்டிருக்கும். *there*, *the* அல்லது *a* போன்ற செயல்பாட்டுச் சொற்கள் பொதுவாக ஒலியழுத்ததைக் கொண்டிருக்காது. சொற்கள் ஒன்றாக இணைக்கப்படுகையில், அவற்றின் ஒலியழுத்த அமைப்பொழுங்கு இணைந்து முழு வாக்கியத்திற்கும் ஒரு பெரிய ஒலியழுத்த அமைப்பொழுங்கை உருவாக்கும். எவ்வாறு ஒலியழுத்தங்கள் இணைகின்றன என்பதில் சீரானதன்மைகள் இருக்கின்றன. ஒலியழுத்தத்தின் இடம் கருத்தாடல் காரணிகளால் மிக வலுவாகப் பாதிக்கப்படும்.

சில சொற்கள் இயல்பாகவே ஒன்றாகக் குழுமுவதாகத் தெரிகின்றது என்ற அளவில் வாக்கியங்களுக்கு மீக்கூறு அமைப்பு இருக்கின்றது. சில சொற்களுக்கு அவற்றிற்கிடையில் காணத்தக்க இடைவெளி அல்லது பிரிநிலை இருக்கின்றது. பெரும்பாலும் மீக்கூறு அமைப்பு மீக்கூறு தொடராக்கம் (prosodic phrasing) அடிப்படையில் விளக்கப்படும். இப்பெரிய மீக்கூறு அலகுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் கலைச்சொற்கள் இசையோட்டத் தொடர் (intonational phrase or IP) இசையோட்ட அலகு (intonational unit) மற்றும் சுர அலகு (tone unit) என்பனவற்றை உள்ளடக்கும்.

2.4.1. மீக்கூறின் ஒலியல் அல்லது ஒலியியக்கவியல் நோக்குகள்

மூன்று ஒலியனியல் காரணிகள் ஊடாட்டம் செய்யும் மற்றும் அவை பல வேறுபட்ட ஒலியியல் மற்றும் ஒலியக்கவியல் நடப்புகளால் மெய்ப்படுத்தம் செய்யப்படும். மேன்மையான அசைகள் மேன்மையற்ற அசைகளைவிட பொதுவாக ஓசையுடையதாகவும் நீண்டதாகவும் இருக்கும். மீக்கூறுத் தொடர் எல்லைகள் பெரும்பாலும் விட்டிசையாலும் எல்லைக்கு முன்னர் அசையின் நீட்சியாலும் சில சந்தர்ப்பங்களில் எல்லையில் இசைமையின் குறைப்பாலும் தொடாப்படும். இசையோட்டச் சுரம் அடிப்படை நிகழ்வெண் (F0) வெளிவரம்பில் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது.

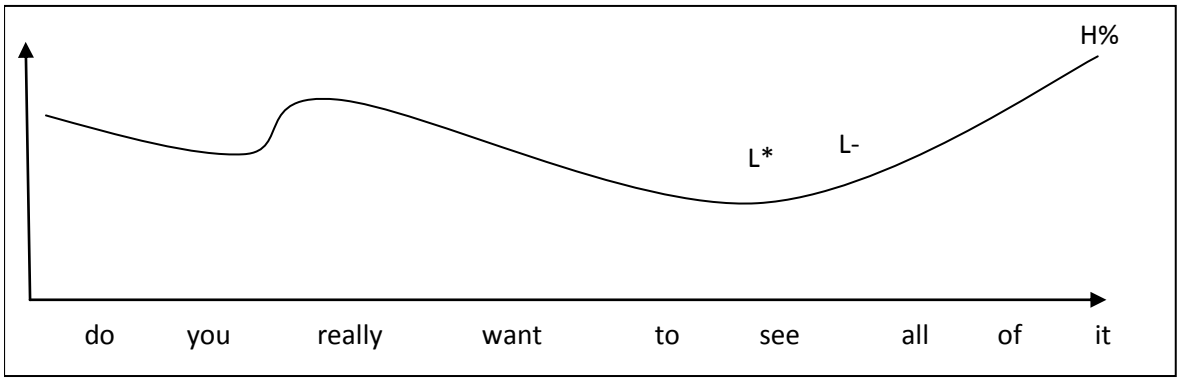
2.4.2. பேச்சு உருவாக்கத்தில் மீக்கூறு

உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் ஒரு முக்கியமான வேலை மீக்கூறின் பொருத்தமான மொழி உருப்படுத்தத்தை உருவாக்குவாதாகும். அவற்றிலிருந்து வெளியீட்டு பேச்சு அலைவடிவில் வெளிப்படுத்தப்படும் பொருத்தமான ஒலியிக்க அமைப்பொழுங்கை உருவாக்குவதாகும். இத்தகைய மீக்கூறுப் பகுதியைக்கொண்ட ஒரு உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் வெளியீடு ஒரு கால அளவும் F0 (இசைமை) மதிப்பும் உள்ள ஒலிகளின் தொடச்சியாகும். ஒவ்வொரு ஒலியின் கால அளவுவும் ஒலியியல் சார் சூழலைப் பொறுத்து அமையும். F0 மதிப்பு சொல்சார் அசை அழுத்தம், வாக்கியத்தில் ஒலியழுத்தம் செய்யப்பட்ட அல்லது கவனக்குவிப்பு செய்யப்பட்ட கூறு, கூற்றின் இசையோட்டச் சுரம் இவற்றையும் உள்ளடக்கிய முன்னர் விளக்கிய காரணிகளால் பாதிக்கப்படுள்ளது. பின்வரும் படம் FESTIVAL-இலிருந்து (Black et al, 1999) Do you really want to see all of it? என்ற வாக்கியத்தின் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் மாதிரி வெளியீட்டைக் காட்டும். படம் இரண்டில் காட்டப்பட்ட F0 மதிப்புகளுடன் கூடிய இந்த வெளியீடு அலைவடிவ உருவாக்க கூறுக்கான உள்ளீடாகும். கால அளவு CART-நடை தீர்மானக் கிளையமைப்பால் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது (Jurafsky and Martin, 2000:133).

படம் 1: Do you really want to see all of it? என்ற வாக்கியத்தின் FESTIVAL (Black et al., 1999) வெளியீடு. படம் 2-இல் சரியான இசையோட்ட வடிவத்தோற்றம் தர்ப்பட்டுள்ளது Jurafsky and Martin, 2000:133).

				H*												L*		L-H%			
do		You		Really				want				to		see		all		of		it	
d	uw	y	uw	r	lh	l	iy	w	aa	n	t	t	ax	s	iy	ao	l	ah	v	ih	t
110	110	50	50	75	64	57	82	57	50	72	41	43	47	54	130	76	90	44	62	46	120

மாதிரி வக்கியத்திற்கு FESTIVAL-ஆல் இணைப்பாக்க ஒழுங்கமைப்பால் உருவாக்கப்பட்ட F0 வடிவத்தோற்றம் (Jurafsky and Martin, 2000:133).

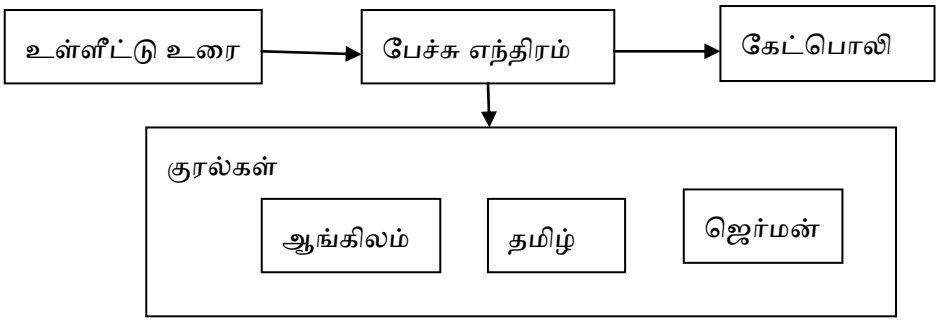


முன்னர் பரிந்துரைகப்பட்டது போல், எந்த அசையை ஒலியழுத்தம் செய்யவேண்டும் எந்த அசையை சுரத்தை பயன்படுத்தவேண்டும் போன்ற உண்மை உலக அறிவு மற்றும் பொருண்மையியல் சார் தகவல் தேவை ஆகையால் மீக்கூறு அமைப்பொழுங்கை தீர்மானிப்பது கடினமானதாகும். இவ்வகையிலான தகவல்களை உரையிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது கடினம் எனவே மீக்கூறு தொகுதிகள் உள்ளீடு செய்யப்பட்ட பனுவலில் ஒரு "நடுநிலை அறிவிப்பு" பதிப்பை விளைவிக்க நோக்கம் கொண்டுள்ளது.

3. உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்

பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் மனிதப் பேச்சின் செயற்கைத்தன்மையான உற்பத்தி; இது படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்று பேச்சு குறிகையை எழுத்துவடிவப் பனுவலாக மாற்றும் செயல்பாடாகும். மேலும் நாம் தமிழ் பனுவல்-பேச்சு ஒழுங்குமுறை உருவாக்குவதாய் இருந்தால் இவ்வொழுங்குமுறை எந்த எழுத்துவடிவ உள்ளீட்டையும் ஏற்கவேண்டும். இதைக் கருத்திற்கொண்டு கணினி பேச்சைப் பற்றி ஒரு சில வேறுபடுத்தல்கள் செய்வது தேவையாகும். ஏதாவது பேச்சை ஒலிப்பதிவு செய்து கணிப்பொறியில் சேமித்துவைத்து ஒலிக்கச்செய்து கேட்கலாம். பல ஒழுங்குமுறைகள் இதைத்தான் செய்கின்றன; விடை எந்திரம் (answer

machine) பதிவு செய்யப்பட்ட செய்திகளைத் திரும்ப ஒலிக்கின்றது; வானொலிப்பெட்டி ஏற்கனவே பதிவுசெய்யப்பட்ட நேர்காணலைத் திரும்ப ஒலிக்கின்றது; இவ்வாறு பல ஒழுங்குமுறைகள் உள்ளன. உரை-பேச்சுக்குப் பின்னணியாக வரும் கருத்து என்னவென்றால் "திரும்ப ஒலிக்கப்படும்" செய்திகள் உண்மையிலேயே ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டவை அல்ல. திரும்ப ஒலிக்கச் செய்யும் நடத்தையிலிருந்து அடுத்தபடியான நடவடிக்கை பொதுவான சொற்களையோ ஒலிப்பதிவு செய்து திரும்பச் சேர்ப்பதாகும்; இந்த நுட்பம் தொலைபேசி உரையாடல் சேவைகளில் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. சில வேளைகளில் பயன்விளைவு ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடியதாய் இருக்கும்; சில வேளைகளில் ஏற்றுக்கொள்ள இயலாததாய் இருக்கும்; செயற்கையாக ஒன்றுசேர்க்கப்பட்ட பேச்சு செயற்கையாக இருக்கும். மாறாக உரை-பேச்சு விரும்பப்படுகிற செய்தி உண்மையிலேயே பேசப்பட்டாலும் இல்லாவிட்டாலும் எதையும் பேச்சும் இலக்கைக் கொண்டது.



3.1. பேச்சு

பேச்சுக் குறிகை (speech signal) ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையிலுள்ள ஊடகத்தில் ஏற்படும் அழுத்த மாற்றங்களின் வரிசையாகும். பேச்சுக் குறிகையின் மிகப் பொதுவான உருப்படுத்தம் பெரும்பாலும் அலைவடிவம் (wave form) என்று அழைக்கப்படும் ஆசிலோகிராம் (ocillogram) ஆகும். பேச்சு மனித முன் தொண்டை, தொண்டை, வாய், நாக்கு இவற்றின் வழியாகச் செல்லும் காற்றின் போக்கில் ஏற்படும் தடைகளால் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. உயிரொலிகளை உள்ளடக்கிய குரல் ஒலிகள் ஓரளவு சீரான அமைப்பொழுங்கைக் காட்டுகின்றன. குரலொலிகள் இயல்பாக அதிக சக்தியைக் கொண்டிருக்கின்றது; ஸ் போன்ற குரலிலா ஒலிகள் சீரற்ற அமைப்பொழுங்கைக் கொண்டிருக்கும். ஒரு பேச்சு குறிகையை ஒலியன்களின் அல்லது நோட்டங்களின் வரிசையாகப் புரிந்துகொள்ளப்படலாம். பொதுவாகக் கூற்று அதிக அளவில் வழக்கமாகப்

பயன்படுத்தப்படுகின்ற ஐ.பி.எ. ஒலியியல் நெடுங்கணக்கால் (IPA Phoneic Alphabet) ஒலிபெயர்க்கப்படுகின்றது.

பேச்சு குறிகையை உருப்படுத்தம் செய்யும் மற்றொருவழி இசைமை ஆய்வால் உற்பத்திசெய்யபடும் ஒன்று. பேச்சு இரு பாகங்களைக் கொண்ட இயற்பியல் செயற்பாங்கு ஆகும்: ஒலி மூலத்தின் (குரல்வளை மடல்கள்) மற்றும் இறுத்தலின் (நாக்கு, உதடுகள், பல் போன்றவற்றால்) உற்பத்திப் பொருள். இசைமை ஆய்வு இறுதி பேச்சுக் கூற்றை ஆய்வதால் ஒலி மூலத்தின் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணைக் கண்டுபிடிக்க முயலுகின்றது. அடிப்படை நிகழ்வெண் குரல்வளை மடல்களால் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒலியின் முனைப்பான நிகழ்வெண்ணாகும். எவ்வாறு கேட்பவர்கள் பேசுபவர்களின் இசையோட்டதையும் அசை அழுத்தத்தையும் கேட்கின்றனர் என்பதற்கு வலுவான தொடர்புப்பொருத்தம் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணாகும். ஆணின் இயல்பு F0 நிகழ்வெல்லை 80-200 Hz ஆகும்; பெண்களுக்கு 150-350 Hz ஆகும்.

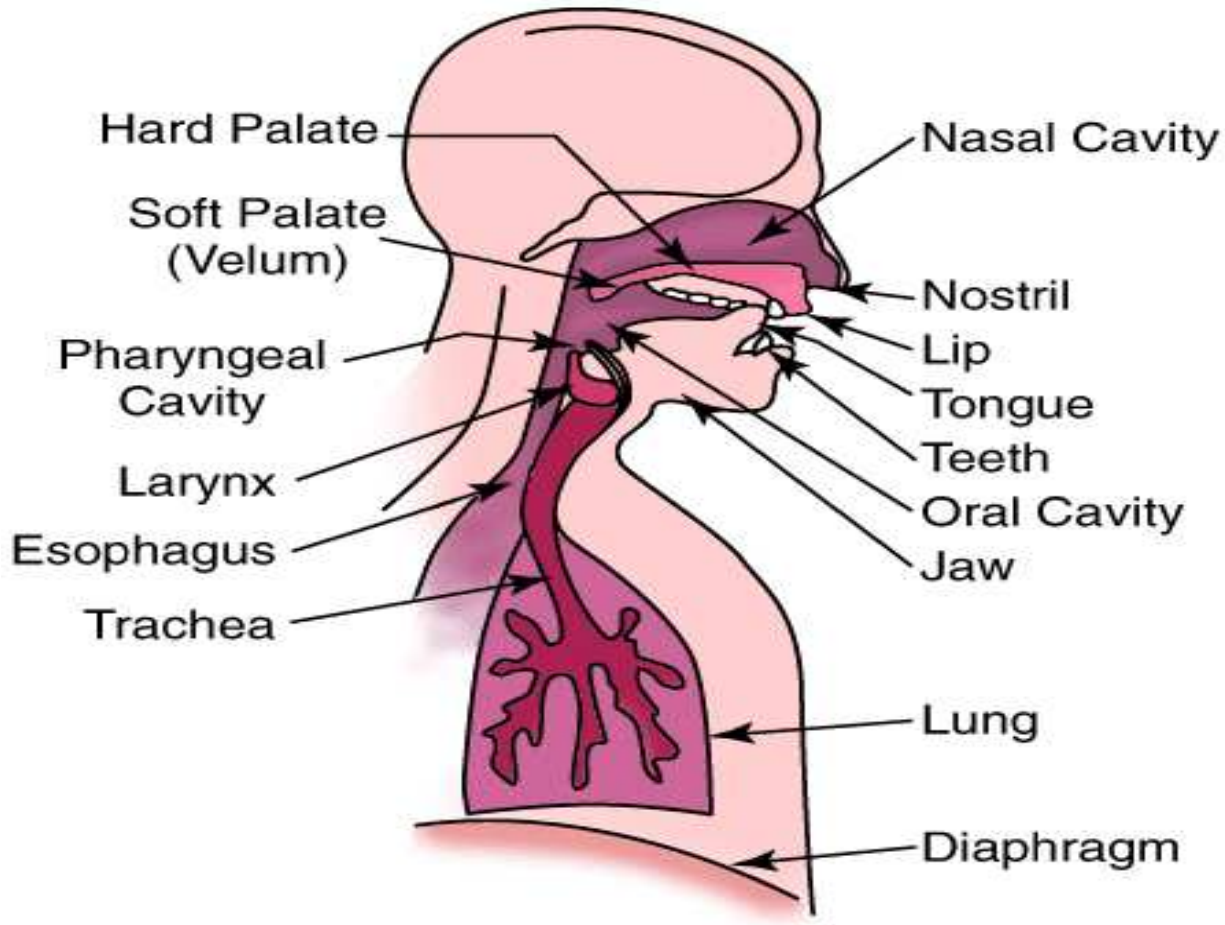
3.2 பேச்சு உற்பத்தி

பேச்சு நுரையீரலிலிருந்து குரல்வளை, வாயறை, மூக்கறை வழியாகச் செல்லும் காற்றொழுக்கால் உருவாக்கப்படுகின்றது. இது மூன்று செயற்பாங்குகளை உட்படுத்தும்: தொடக்கம் (initiation), இழுமை (phonation), வாய்-மூக்குச் செயற்பாங்கு (oral-nasal process), ஒலிப்பு (articulation). நுரையீரல்களிலிருந்து காற்று வெளியேற்றப்படுவது தொடக்கச் செயற்பாங்கு ஆகும். தொண்டையில் நிகழும் செயற்பாங்கு இழுமை ஆகும்.

தொண்டைக் காற்று வழியில் இரண்டு செங்குத்தான மடல்களைக் கொண்டிருக்கின்றது; அவை குரல்வளை மடல்களாகும் (vocal folds). மடல்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளி குரல்வளையாகும் (glottis). குரல்வளையை அதன்வழியே காற்று போகாதபடி மூட இயலும் அல்லது குரல் ஒலிகளை ஒலிக்கும் விதத்தில் குரல்வளை மடல்களை அதிரச்செய்ய இயலும் படி குறுகிய திறப்பைக் கொண்டிருக்கச் செய்யவியலும். இறுதியாக இயல்பான மூச்சுவிடும் போது அதை அதிகமாகத் திறக்க இயலும்; இதனால் குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு குறைக்கப்பட்டு குரலிலா ஒலிகள் உற்பத்தி செய்யப்படும்.

தொண்டை, மேல்தொண்டை வழியாகச் சென்ற பின்னர் காற்று வாயறை அல்லது மூக்கறை வழியாகச் செல்ல இயலும். பின்னண்ணம்/கடையண்ணம் இந்தத் தேர்வுக்குப் பொறுப்பான பகுதியாகும். வாய்-மூக்குச் செயற்பாங்கு மூக்கு மெய்யொலிகள் மற்றும் பிற ஒலிகளைத் தீர்மானிப்பதற்கு உதவும். இறுதிச் செயற்பாங்கு வாயறையில் நிகழும் ஒலிப்புச் செயற்பாங்கு ஆகும்; இந்தச் செயற்பாங்கு பெரும்பாலான பேச்சொலிகளை வேறுபடுத்த

மனிதனுக்கு உதவுகின்றது. பேச்சு உற்பத்தியின் உடலியங்கியல்/உடற்கூறியல் கீழே படத்தில் தரப்பட்டுள்ளது. பேச்சு உற்பத்தி பற்றி இயல் 3இல் விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது.



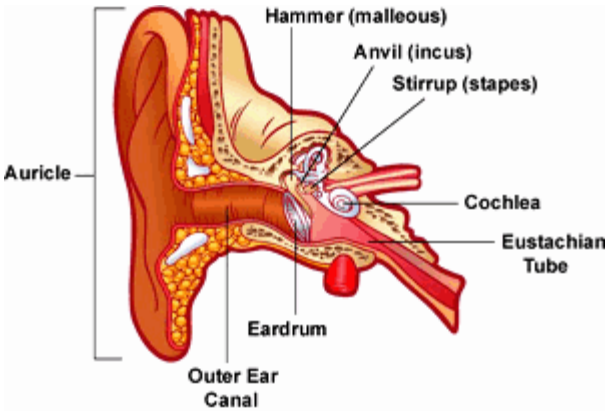
Hard palate ‘வல்லண்ணம்’, trachea ‘முச்சுகுழல், teeth ’பல், Soft palate ‘மெல்லண்ணம்’, nasal cavity ‘மூக்கறை, oral cavity ‘வாயறை’ Pharangeal cavity ‘மேல்தொண்டைஅறை, nostril ‘மூக்குத் துளை, jaw ‘தாடை, Larynx ‘தொண்டை’ lip ‘இதழ்’, lung ‘நுரையீரல்’, Esophagus ‘உணவுகுழல்’, tongue ‘நா’, diapharam ‘உந்தி/உதரவிதானம்’.

3.3 பேச்சு கேட்புணர்வு

கேட்புணர்வு ஒழுங்கமைப்பில் இரண்டு முக்கியமான கூறுகள்/பகுதிகள் உள்ளன: வெளிப்படையான கேட்பு உறுப்புகள் (காதுகள்) மற்றும் கேட்பு நரம்பு ஒழுங்குமுறை (மூளை). காது ஒலிப்பு அழுத்த குறிகையை ஆய்கின்றது; முதலில் அதைப் பேசிலியார் தோல்/ஜவ்வு மீது எந்திரத்தன்மையான அதிர்வு அமைப்பொழுங்குகளாக மாற்றுகின்றது; பின்னர் கேட்பு நரம்பால் கடத்தப்பட்ட துடிப்புகளின் வரிசைகளால் உருப்படுத்தம் செய்கின்றது.

கேட்புணர்வுத் தகவல் கேட்பு நரம்பு ஒழுங்கமைப்பின் பல்வேறு நிலைகளில் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றது.

மனிதக் காது மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டது: வெளிக்காது, நடுக்காது, அகக்காது. வெளிகாது காணக்கூடிய வெளிப்பகுதி, ஒலி பயணிக்கும் குழாய் வடிவ வெளி கேட்புக் குழாய் (external auditory canal) இவற்றைக் கொண்டிருக்கும். குழாய் அதன் ஒரு முனையில் காதுமுரசால் (ear drum) மூடப்பட்டிருக்கும். காற்று அழுத்த வேறுபாடுகள் காதுமுரசை அடைந்தது அதை அதிரச்செய்யும்; இந்த அதிர்வுகளை அதன் எதிர் பக்கம் இருக்கும் எழும்புகளுக்குக் கடத்தும். உள்வரும் ஒலி அழுத்த அலை போன்ற அதே நிகழ்வெண்ணில் (சுருங்குதல், விரிதல் இவை மாறிமாறி நிகழ்தல்) காதுமுரசின் அதிர்வெண் இருக்கும். நடுக்காது காற்று நிரப்பப்பட்ட இடைவெளி அல்லது அறை ஆகும். இந்த அறையுடன் மூக்கையும் தொண்டையையும் இணைக்கும் குழாய்வழி காற்று நடுக்காது அறைக்குப் பயணிக்கும். அகக் காதுக்கு (காக்ளியா) (cochlea) எலும்பு இடைமுகத்தில் இருக்கும் சிறிய தோல் ஓ வடிவச் சாளரம் (oval window) ஆகும். காக்ளியாவின் சுவர்கள் எலும்பாக இருப்பதால் சக்தியானது ஸ்டேப்களின்/உட்செவி எலும்புகளின் (stapes) எந்திரம்சார் செயல்பாட்டல் ஓ-வடிவ சாளரத்தின் மேல் போர்த்தப்பட்டுள்ள/இழுக்கப்பட்டுள்ள தோல்/ஜவ்வுமீது ஒரு பதிப்பாகக் கடத்தப்படுகின்றது. காதின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



Hammer ‘சுத்தி’, Auricle ‘காதுமடல்’, Outer ear canal ‘வெளிக்காது குழாய், Anvil ‘பட்டறை எலும்பு’, Stirrup ‘அங்கவடி எலும்பு, Cochlea ‘அகக்காது, Ear drum ‘காது முரசு, Eustachian tube ‘நடுச்செவிக் குழல்’

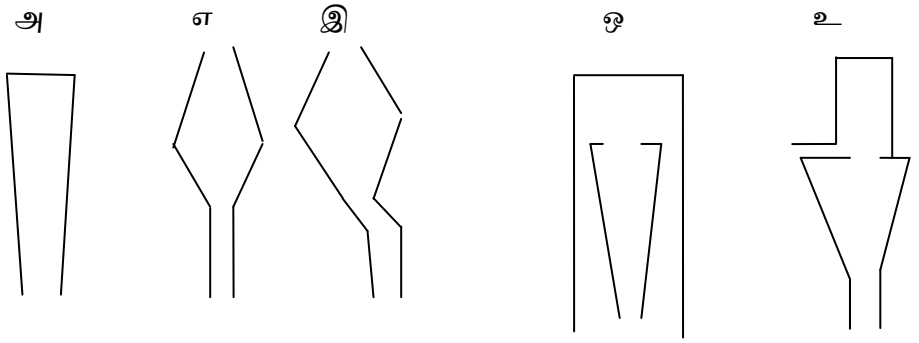
ஒலி கேட்புணர்வுக்கு அகக்காதின்/உட்காதின் தேவையான அமைப்பு/பகுதி காக்ளியா ஆகும்; இது ஒலியின் உருப்படுத்தத்தை மூளைக்கு கடத்தும் கேட்பு நரம்புடன் நேரடியாகத் தொடர்புகொள்கின்றது. சுருள் பகுக்கப்பட்டுள்ளது; முதன்மையாக நீளவாக்கில் ஓடும்

பாசிலார் ஜவ்வாலும்/தோலாலும் இரண்டு திரவம் நிரப்பப்பட்ட அறைகளாலும் பகுக்கப்பட்டுள்ளது. காக்ளியாவை ஏறக்குறைய இறுக்கும் வங்கியாயக் கருத இயலும்; இதன் வெளியீடுகள் அதிர்வெண்-இட மாற்றம் நிறைவேற்றப்பட வேண்டி இடத்தால் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுள்ளது. காக்ளியாவின் அடிக்கு அண்மையிலிருக்கும் இறுப்பான்கள் உயர்ந்த நிகழ்வெண்களுக்கு பதிலளிப்பு செய்கின்றது; உச்சிக்கு அண்மையில் இருப்பவைகள் குறைந்த நிகழ்வெண்களுக்குப் பதிலளிப்பு செய்கின்றது. நரம்புக் கடத்தல் செயற்பாங்கு இதைத் தொடர்கின்றது மற்றும் ஸ்பெக்ட்ரல் குறிகையைக் (spectral signal) கிட்டத்தட்ட பண்புக்கூறு பிரித்தெடுக்கும் கூறு/பகுதிக்கு பொருத்தமுறும் கேட்பு நரம்பின் (auditory nerve) செயல்பாட்டு குறிகைகளாக மாற்றுகின்றது.

3.4 பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு

பல நூற்றாண்டுகளாக மனித இனத்தின் கனவாகச் செயற்கைப் பேச்சு இருந்தது. குறிகை ஆய்வைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்னர் மனிதப் பேச்சை உருவாக்க இயலும் சில எந்திரங்களை உருவாக்குவதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (speech synthesis) இயந்திரச்சார்பிலிருந்து மின்சாரம்சார் கூட்டிணைப்பாக மாறியது; இயந்திரம்சார் கூட்டிணைப்பாக்கம் 1779-இல் தொடங்கப்பட்டது. 1779-இல் ரஷ்யப் பேராசிரியரான கிறிஸ்டியன் கிராட்செண்டைன் (Christian Kratzenstein) ஐந்து நெட்டுயிர்களுக்கு (அ, எ, இ, ஒ) இடையேயுள்ள உறுப்பியல்சார் வேறுபாடுகளை விளக்கினார்; அவர் அவற்றைச் செயற்கையாக உற்பத்திசெய்யக் கருவியை உருவாக்கினார். கிராட்செண்டைன் படத்தில்காட்டியுள்ளது போன்று மனிதப் பேச்சுக்குழாயுடன் ஒற்றுமையுள்ள ஒலியியக்க ஒலியூக்கிகளை (acoustic resonators) உருவாக்கினார்; இசைக்கருவிகள் போன்று அதிர்வுறும் நாக்கால் ஒலியூக்கிகளைச் செயற்படுத்தினார்.

கிராட்செண்டைனின் ஒலியூக்கிகள் (Kratzenstein's resonators)



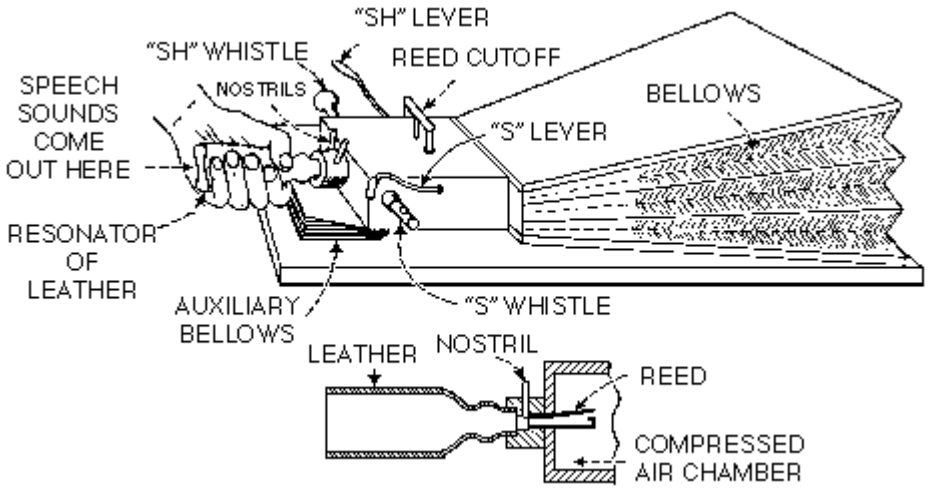
1791-இல் வோல்ஃப்காங்க் வோன் கெம்ப்ளென் (Wolfgang von Kempelen)

“ஒலியியக்க எந்திரப் பேச்சு எந்திரம்” (Acoustic-Mechanical Speech Machine) என்பதை அறிமுகப்படுத்தினார். அது சில தனி ஒலிகளையும் ஒலிச் சேர்க்கைகளையும் உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது.

வோல்ஃப்காங்க் வோன் கெம்ப்ளென் ஒலியியக்க எந்திர பேச்சு எந்திரம்

அதன்பின்னர் 1837-இல் சார்லஸ் வீட்ஸ்டோன் (Charles Wheatstone) என்பவர் வான் கெம்ப்ளெனின் மாதிரி அடிப்படையில் ஒரு பேசும் எந்திரத்தை உருவாக்கினார். இந்தப் பேச்சு எந்திர வகை உயிரொலிகளையும் பெரும்பாலான மெய்யொலிகளையும் உற்பத்திசெய்ய முடிந்தது; இது ஒலிச்சேர்க்கைகளையும் முழுச் சொற்களையும் உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது.

வீட்ஸ்டோனின் பேசும் எந்திரம் (Wheatstone’s speaking machine)

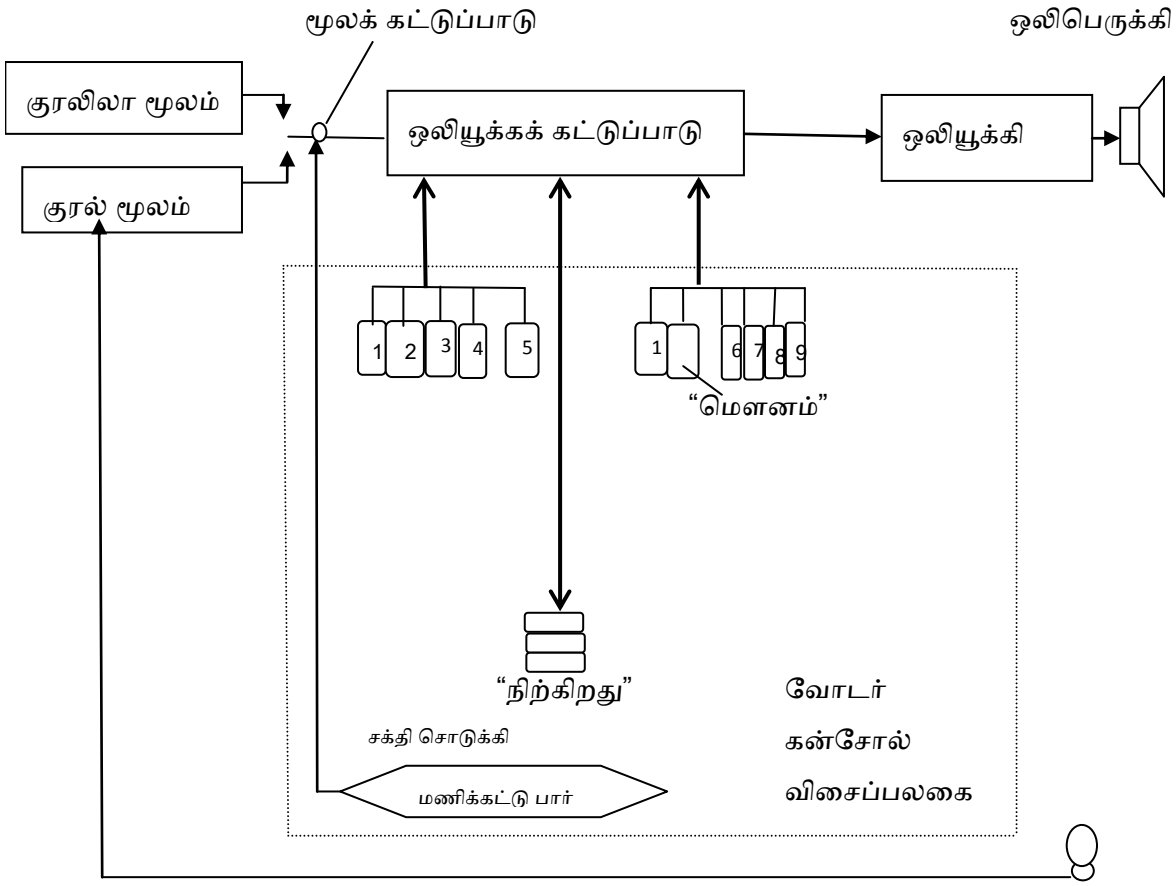


மின்னியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கக் கருவி (Electrical synthesis device) 1922-இல் உருவாக்கப்பட்டது. முதல் மின்னியல்சார் கூட்டிணைப்புக் கருவி ஸ்டேவார்ட் (Stewart) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இந்த எந்திரம் தனி நிலையான உயிரொலிகளை

உற்பத்தி செய்தது; ஆனால் மெய்யொலிகளையும் கூற்றுக்களையும் உற்பத்தி செய்யவில்லை. 1932-இல் ஒபாட்டா (Obata), டெஷிமா (Teshima) என்ற ஜப்பனிய ஆய்வாளர்கள் உயிரொலிகளில் மூன்றாவது ஒலிச்செறிவைக் கண்டுபிடித்தனர். முதல் மூன்று ஒலிசெறிவுகளும் பொதுவாகப் புரியத்தக்கப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்குப் போதுமானதாகக் கருதப்பட்டது.

இருப்பினும் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பானாகக் (speech synthesizer) கருத்தப்பட்ட முதல் கருவி 1939-இல் ஹோமர் டட்லே (Homer Dudley) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இந்தக் கருவி வோடர் (VODER – Voice Operating Demonstrator) என்று பெயரிடப்பட்டது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது விசைப்பலகையால் இயக்கப்படும் மின்னணுசார் பேச்சு ஆய்வியாகும்; கூட்டிணைப்பான் 1930களின் மையத்தில் பெல் லாபால் (Bell lab) உருவாக்கப்பட்டது. வோடரைப் பயன்படுத்துவது கடினம். மட்டுமன்றி இந்த இயந்திரத்தால் உற்பத்திசெய்யப்பட்ட பேச்சின் பண்பும் புரிதிறனும் நல்லதல்ல. இந்த ஒழுங்குமுறை செயற்கைப் பேச்சை உற்பத்தி செய்வதில் அதன் திறன் காரணமாகப் புகழ்பெற்றது.

வோடர் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பான் (VODER speech synthesizer)



வோடரின் செய்முறை விளக்கத்திற்குப் பின்னர் அறிவியல் உலகம் பேச்சு கூட்டிணப்பாக்கத்தில் அதிக விருப்பத்தைக் காட்டியது. வோடரின் அடிப்படை அமைப்பும் கருத்தும் பேச்சின் மூலம்-இறுப்பான்–மாதிரி (source-filter-model) தற்போதைய ஒழுங்குமுறைகள் போன்றதே. பிராங்கிளின் கூப்பர் (Franklin Cooper) மற்றும் அவர்தம் உதவியாளர்கள் 1951-இல் ஹாஸ்கின்ஸ் ஆய்வுக்கூடத்தில் (Haskins laboratory) அமைப்பொழுங்கு திருப்பி ஒலிக்கும் கூட்டிணைப்பானை (pattern playback synthesizer) உருவாக்கினர். இது பதிவுசெய்யப்பட்ட நிறமாலை நிழற்பட/ஒலிவர்ணனைப்பட அமைப்பொழுங்கை மூல அல்லது மாற்றப்பட்ட வடிவில் ஒலிகளாகத் திரும்ப மாற்றியது.

நிறமாலை நிழற்பட/ஒலிவர்ணனைப்பட அமைப்பொழுங்கு ஒளிப்புகவல்ல பெல்ட் மீது ஒளிசார்ந்ததாக/ஆப்டிக்கலாகப் பதிவிக்கப்படுகின்றது.

PAT (Pragmatic Artificial Talker) முதல் ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கி ஆகும்; இது வால்டர் லாரன்சால் (Walter Lawrence) 1953-இல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. பாட் இணையாக இணைக்கப்பட்ட மின்னணு ஒலிச்செறிவு ஒலியூக்கிகளைக் கொண்டிருக்கின்றது. உள்ளீட்டு குறிகை பஸ்-ஆகவோ இரைச்சலாகவோ (buzz or noise) இருக்கும். நகரக்கூடிய கண்ணாடி ஸ்லைடு (moving glass slide) மூன்று ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை (formant frequencies), குரல், அலைவீச்சு, அடிப்படை அதிர்வெண் (fundamental frequency), இரைச்சல் அலைவீச்சு (noise amplitude) இவற்றைக் கட்டுப்படுத்த ஆறு காலச் செயல்பாடுகளாக வர்ணம்பூசிய அமைப்பொழுங்குகளை மாற்றப் பயன்படுத்தினர். குன்னார் ஃபண்ட் (Kunnar Fant) 1950-இல் முதலில் ஒழுக்கு ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைபாக்கி (cascade formant synthesizer) ஓவ் 1 (OVE I) (OVE- Orator Verbis Elecris) அறிமுகப்படுத்தினார்; இது ஒழுக்கில் இணைக்கப்பட்ட ஒலிச்செறிவு ஒலியூக்கிகளைக் கொண்டது. 1962-இல் ஃபாண்டும் மார்ட்டோனியும் (Fant and Martony) மேம்படுத்தப்பட்ட ஓவ் 2 (OVE II) கூட்டிணைப்பாக்கியை அறிமுகப்படுத்தினார்; இது உயிரொலிகள், மூக்கொலிகள், தடைமெய்யொலிகள் இவற்றிற்குப் பேச்சுக்குழலின் கடத்தல் செயல்பாட்டை மாதிரிப்படுத்தத் தனிப் பகுதிகளைக் கொண்டிருக்கின்றது. குரல், உயிர்ப்பு இரைச்சல், உராய்வு இரைச்சல் என்பன சாத்தியமான துண்டல்கள் ஆகும்.

பாட் மற்றும் ஓவ் (PAT and OVE) இவற்றை ஆய்ந்த பின்னர் ஜாண் ஹோல்ம்ஸ் (John Holmes) 1972-இல் இணை ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கியை (paralle formant synthesizer) அறிமுகப்படுத்தினார். 1978-இல் ரிச்சர்ட் காக்னான் (Richard Gagnon) மலிவான வோட்ராக்ஸ் அடிப்படையிலான டைப்-என்–டாக் ஒழுங்குமுறையை (Votrax-based Type-n-Talak system) அறிமுகப்படுத்தினார். 1982-இல் ஸ்ட்ரீட் எலக்ட்ரானிக்ஸ் (Street Electronics) எதிரொலி மலிவு ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாக்கியை (Echo low-cost diaphone synthesizer) அறிமுகப்படுத்தினார். தற்காலப் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத் தொழில்நுட்பங்கள் மிகச் சிக்கலான நவீனமான நெறிமுறைகளையும் வழிமுறைவரைவுகளையும் உள்ளடக்கியது. ஒன்றிணைப்பாக்கப் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம், ஹிட்டன் மார்க்கோவ் மாதிரிகள் (HMM models) அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் என்பன அண்மையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள தற்கால நெறிமுறைகள் ஆகும்.

4. பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக அணுகுமுறைகள்

பேச்சு மனிதவினம் ஒருவருக்கொருவர் கருத்துக்களைப் பரிமாறிக்கொள்ளும் இயற்கையான முறையாகும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்கையாக, குறிப்பாகக் கணினியைப் பயன்படுத்திப் பேச்சைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யும் செயல்முறையாகும். மனிதப் பேச்சை பாவிக்கும்/போலச்செய்யும் ஒலி உருவாக்கம் கீழ் மட்டக் கூட்டிணைப்பாக்கம் என்று கூறப்படுகின்றது. மேல்மட்ட கூட்டிணைப்பாக்கம் எழுதப்பட்ட உரையை/பனுவலை அல்லது குறியீடுகளைக் கீழ்மட்ட உருவாக்க ஒழுங்குமுறையை இயக்கப் பொருத்தமான விருப்பப்பட்ட ஒலியியக்கக் குறியீடுகளின் அருவ உருப்படுத்தமாக மாற்றுவதை விளக்குகின்றது. உற்பத்தியின் நெறிமுறைகளின் அடிப்படையில் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை நான்கு முக்கியமான வகைப்பாடுகளாக வகைப்படுத்தலாம்.

1 ஒலிப்பியல் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Articulatory synthesis)

2. ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் (Forman snynthesis)

3. இணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம் (Concatenative synthesis)

4. எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் (HMM based synthesis)

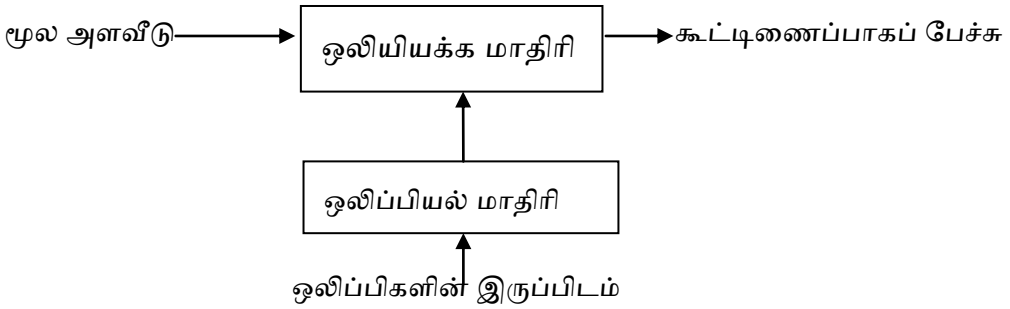
4.1. ஒலிப்பியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கம்

பேச்சுக் குழாயின் மாதிரியைப் பயன்படுத்தி பேச்சு ஒலிகளை உற்பத்திசெய்வது ஒலிப்பியல் சார் கூட்டிணைப்பாக்கம் (articulatory synthesis) ஆகும்; இது நேரடியாகவோ மறைமுகமாகவோ பேச்சு ஒலிப்பிகளின் இயக்கத்தை ஊக்குவிக்கின்றது. பேச்சுக்குழாயின் வடிவத்தைப் பல வழிகளில் கட்டுப்படுத்த இயலும்; இது நாக்கு, தாடை, உதடுகள் போன்ற பேச்சு ஒலிப்பிகளின் இருப்பை மாற்றுவதை உட்படுத்தும். பேசுக்குழாயின் உருப்படுத்தம் வழி காற்றின் ஓட்டத்தை டிஜிட்டலாக போலச்செய்வதால்/பாவிப்பதால் பேச்சு உருவாக்கப் படுகின்றது. ஒலிப்பியல்சார் கூட்டிணைப்பாகத்தில் இணை ஒலிப்பு விளைவுகள் இயற்கையாக வருகின்றது. குரல்வளைசார் மூலப் பண்புக்கூறுகள், பேச்சுக்குழாய் மற்றும் குரல்வளை மடல்கள் இவற்றிற்கிடையேயுள்ள ஊடாட்டம், துணை குரல்வளைசார் ஒழுங்குமுறையின் பங்களிப்பு மற்றும் மூக்குக் குழாய் மற்றும் மூக்குத் துளைகள் (sinus cavities) இவற்றுடன் இதைச் சரியாகக் கையாள இயலும்.

ஒலிப்பியல்சார் உருவாக்கம் படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்று இரு மதிரிகளை இணைக்கின்றது. ஒலிப்பியல் மாதிரியில் பேச்சுக் குழல் பல சிறிய பகுதிகளாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளது மற்றும் தொடர்புடைய குறுக்கு வெட்டுப் பகுதிகள் (cross-sectional areas) பேச்சுக் குழாய்ப் சிறப்புப் பண்புகளை உருப்படுத்தம் செய்வதற்கு அளவீடுகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஒலியியக்கவியல் மாதிரியில் ஒவ்வொரு குறுக்கீடான பரப்புகளும்

மின்சார அனலாக் கடத்து லைனால் (electrical analog transmission line) தோராயமாக்கப்பட்டுள்ளது.

கீழே தரப்பட்டுள்ள ஒலிப்பியல் சார் மாதிரி பேச்சு உற்பத்தியின் முக்கியமான கூறுகளை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது; இது தனது எல்லைகளை முறையே குரல்வளையிலும் வாயிலும் இடமாகக் கொண்ட ஒலியியக்கக் குழாயின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பின் வேறுபாட்டைப் பிரதிபலிக்கும் பரப்புச் செயல்பாட்டின் கணிப்பு அதன்முக்கிய நோக்கமாகும்.



பேச்சுக்குழாயின் ஜியாமண்டரிக் பரப்பு (geomenteric area) ஒலிப்பைப் பற்றிய நமது புரிந்துகொள்ளலுக்கு முக்கியமாகும் மற்றும் அது பேச்சு உருவாக்கத்திற்கு முக்கியக் காரணியாகும். பேச்சு உருவாக்கத்தின் ஒலியியக்கக் கோட்பாடு அடிப்படையில் சீரற்ற மற்றும் கால மாறுபாட்டுடைய குறுக்குவெட்டுப் பரப்புகள் மனிதப் பேச்சுக் குழாயை ஒரு ஒலியக்கக் குழாயாக (acoustic tube) மாதிரியாக்கம் செய்ய இயலும். வேறுபட்ட மொழி ஒலிகளை உற்பத்தி செய்ய அது கிளர்ச்சி மூலத்தை (excitation source) ஒழுங்குபடுத்துகிறது. ஒலிப்பு இடங்கள் குறிப்பிடப்பட்டுவிட்டால் குறுக்குவெட்டுப் பரப்புகள் பேச்சுக்குழாய் எல்லைக்கோட்டின் மீது ஒரு சல்லடை அமைப்பை (grid structure) ஒன்றின் மேல் ஒன்றாக வைப்பதால் கணிக்கப்படுகின்றது. இந்த சல்லடைக் கோடுகள் (grid lines) ஒலிப்பிகளின் இருப்பிடம் அடிப்படையில் வேறுபடுகின்றது (அவைகள் மெர்மெல்ஸ்டென் மாதிரியில் (Mermelstein's model) நிறுவப்படுகின்றது). மொத்தம் 60 பகுதிகள், பேச்சுகுழாய்க்கு 59 பகுதிகள் மற்றும் நமது மாதிரியில் பயன்படுத்தப்படும் குரல்வளையின் வெளியேற்றும் வழிக்கு ஒரு பகுதி (நிலையான நீளம் மற்றும் பரப்பு) நமது மாதிரியில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அம்புவடிவ தூரம் (sagittal distance) பின்வய-மேல்வய மற்றும் முன்வய-கீழ்வய வெளிஎல்லைக் கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள சல்லடைக் கோடு பகுதியாக வரையறை விளக்கம் செய்யப்படுகின்றது.

பேச்சுக்குழாயின் மையக்கோடு பக்கத்திலுள்ள சல்லடைக் கோடுகளின் மையப் புள்ளிகளை இணைப்பதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. மையக் கோட்டின் நீளம் பேச்சுக்குழாயின் நீளத்திற்குச் சமமானதாகக் கருதப்படுகின்றது. அம்புவடிவ தூரம் இறுதியில் அனுபவாத சூத்திரங்களால் (empiric formulas) குறுக்குவெட்டு பரப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றது. பேச்சு உற்பத்தியின் ஒலியியக்கக் கோட்பாடு அடிப்படையில் நாம் தரப்பட்ட பேச்சுக்குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிலிருந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களைக் கணிக்க இயலும். தரப்பட்ட பேச்சுக்குழலின் ஒலியியக்கவியல் மாற்றச் செயல்பாட்டைக் கணிப்பதிலிருந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை ஆக்கக்கூறுகளாகப் பிரிப்பது எளிது. பேச்சுக்குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு பேச்சுக் குறிகளைப் பற்றிய ஒலியியக்கவியல் தகவல்களைத் (ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை) தருகின்றது. இறுதியாக நாம் அதைக் கட்டுப்பாடுகளுடன் கூடிய பல்பரிமாண வரிசையல்லாத உத்தமமாக்கச் சிக்கலாகக் (multi dimensional nonlinear optimization problem) கருதுகின்றோம் மற்றும் உத்தம ஒலிப்பு வெக்டாராகக் (optimum articulatory vector) கணிக்கின்றோம்.

மனிதப் பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் ஒலியியக்க மாதிரி பல துணைமாதிரிகளைக் கொண்டுள்ளது. பேச்சுக்குழல் மற்றும் மூக்குக்குழல் மாதிரிகள் (vocal tract and nasal tract models) இந்தக் குழல்களில் ஓசை பரவலைப் பாவிக்கின்றது. கிளர்வுறல் மூல மாதிரி பேச்சுக்குழலுக்கு குரல் கிளர்வுறல் அலைவடிவுகளை (voice excitation waveforms) உருவாக்குகின்றது. உரசொலிகள் மற்றும் அடைப்பொலிகளுக்குரிய இடுக்குகளில் கிளர்ந்தெழும் காற்றொழுக்கு ஓசை மூலத்தால் உருவாக்கப்படுகின்றது. பரவல் மாதிரி (radiation model) உதடுகளிலிருந்தும் மூக்குத்துவாரங்களிலிருந்தும் பரவும் ஒலியியக்கச் சக்தியைப் பாவிக்கின்றது. பேச்சுக்குழல், எலும்பு உட்புழைகளுடன் கூடிய மூக்குக் குழல், குரல்வளை தடை, துணைக் குரல்வளை குழல், கிளர்தல் மூலம், மற்றும் கிளர்தல் இரைச்சல் மூலம் இவற்றை உட்படுத்தும் பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் கடத்தல்-கோடு சுற்று மாதிரி (transmission-line circuit model) உருவாக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பேச்சுக் குழல் துணை ஒழுங்கமைப்பின் ஒலியியக்க மாதிரியும் ஆயப்படுகிறது.

ஒரு நடைமுறை ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கி (practical articulatory synthesizer) போச்சுக்குழல், எலும்பு உட்புழைகளுடன் கூடிய மூக்குக் குழல், குரல்வளைத் தடைகள், துணை குரல்வளை ஒழுங்குமுறை, கிளர்வுறல் மூலம், கிளர்தல் ஓசை மூலம் இவற்றை உட்படுத்தும். பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் ஒலியியக்க சமன்பாடுகள் பரிந்துரைக்கப்பட்ட ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கிக்கு வேண்டி உருவாக்கப்படுகின்றது. காலப்புல அணுகுமுறை (time-domain approach) பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் இயக்கப் பண்புக்கூறுகளைப் பாவிக்கப்

பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பேச்சுக் குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு அல்லது ஒலிப்பு அளகைகள் (articulatory parameters), நேர்கோட்டு அல்லது ஆர்க் டான் செயல்பாட்டைப் (arc tan function) பயன்படுத்தி இரு அடுத்தடுத்த சட்டங்களுக்கு இடையில் செருகப்படுகின்றது. முறையாகத் திட்டமிடப்பட்ட ஒலிப்பு உருவாக்கிகள் உரசொலிகள் மற்றும் அடைப்பொலிகளின் எல்லா இயல்பான தேவையான விளைவுகளை மீள்ஞருவாக்கம் செய்யவும் உண்மையான பேச்சு உருவாக்கத்தில் நிகழும் பௌதிகச் செயல்பாடுகளை ஒக்கும் விதத்தில் இணை ஒலிப்பு மாற்றங்களையும் மூலக் குழாய் ஊடாட்டத்தையும் மாதிரிப்படுத்த இயலும்.

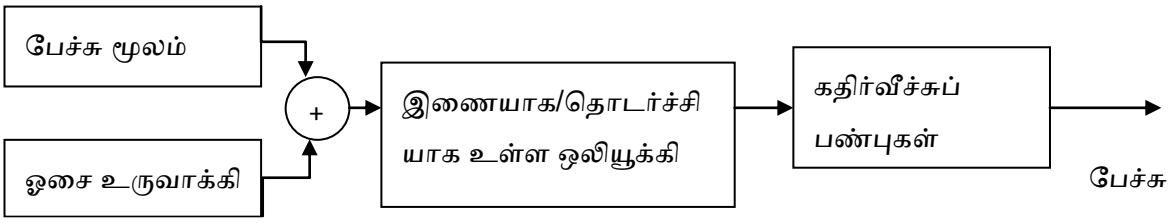
4.2 ஒலிச்செறிவுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்

ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் (formant synthesis) ஓட்டநேரத்தில் மனிதப் பேச்சு மாதிரிகளைப் பயன்படுத்துவதில்லை. மாறாக ஒலியியக்க மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தி வெளியீடு கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சு (output synthesized speech) உருவாக்கப்படுகின்றது. அடிப்படை நிகழ்வெண், குரல்படுத்தல் (voicing), இரைச்சல் நிலைகள் (noise levesl) போன்ற அளகைகள் செயற்கைப்பேசின் அலைவடிவை உருவாக்கும் படி கால அடிப்படையில் மாற்றப்படுகின்றது. இந்த அணுகுமுறை சிலவேளைகளில் விதி அடிப்படையிலான உருவாக்கம் (rule-based synthesis) என்று அழைக்கப்படுகின்றது; இருப்பினும் சிலர் பல ஒன்றிணைக்கும் ஒழுங்குமுறைகள் ஒழுங்குமுறையின் சில பகுதிகளுக்கு விதி அடிப்படையிலான உட்கூறுகளை/பகுதிகளை பயன்படுத்துகின்றன என்று வாதிடுகின்றனர்,

ஒலிச்செறிவு உருவாக்கத் தொழில்நுட்பம் அடிப்படையிலான பல ஒழுங்குமுறைகள் கீழ்வரும் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல் செயற்கையான, ரபோட்டிக் ஓசைப் பேச்சு மற்றும் வெளியீட்டை உருவாக்குகின்றது; இருப்பினும் அதிக இயற்கைத்தன்மை பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறையின் (speech synthesis system) இலக்கு அல்ல; ஒலிச்செறிவு ஒழுங்குமுறைகள் (formant synthesis systems) ஒன்றிணைக்கும் ஒழுங்குமுறைகளைவிட (concatenative systems) சில அனுகூலங்களைக் கொண்டுள்ளன.

ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சு மிக அதிக வேகத்திலும் ஒன்றிணைப்பு ஒழுங்குமுறைகளைச் சிதைக்கும் ஒலியியக்கத் தடுமாற்றத்தை விலக்குவதால் நம்பகமான அளவில் புரியக்கூடியது. இரண்டாவது ஒலிச்செறிவுக் கூட்டிணைப்பாக்கிகள் ஒன்றிணைப்பு ஒழுங்குமுறைகளைவிட பெரும்பான்மையும் குறைந்த வழியமைப்புவரைவுகள் கொண்டது; ஏனென்றால் அவை பேச்சு மாதிரிகளின் தரவு அடிதளத்தைக் கொண்டிருக்கவில்லை. நினைவக இடம், ஆய்வு ஆற்றல் பெரும்பான்மையும் அரிதாக

இருக்கிற உட்படு கணிப்புச் சூழல்களிலும் (embedded computing situations) அவற்றைப் பயன்படுத்த இயலும். இறுதியாக ஒலிச்செறிவு அடிப்படை ஒழுங்குமுறைகள் வெளியீட்டுப் பேச்சின் எல்லா நோக்குகளுடனும் முழுக் கட்டுப்பாடு கொண்டிருப்பதன் காரணமாகக் கேள்விகளையும் கூற்றுகளையும் மட்டுமல்லாமல் பலவகை உணர்ச்சிகளையும் பேச்சின் சுரங்களையும் வெளிப்படுத்தும் மீக்கூறு அல்லது இசையோட்டத்தின் அதிக வகைகள் வெளியீடாக இருக்கவியலும்.



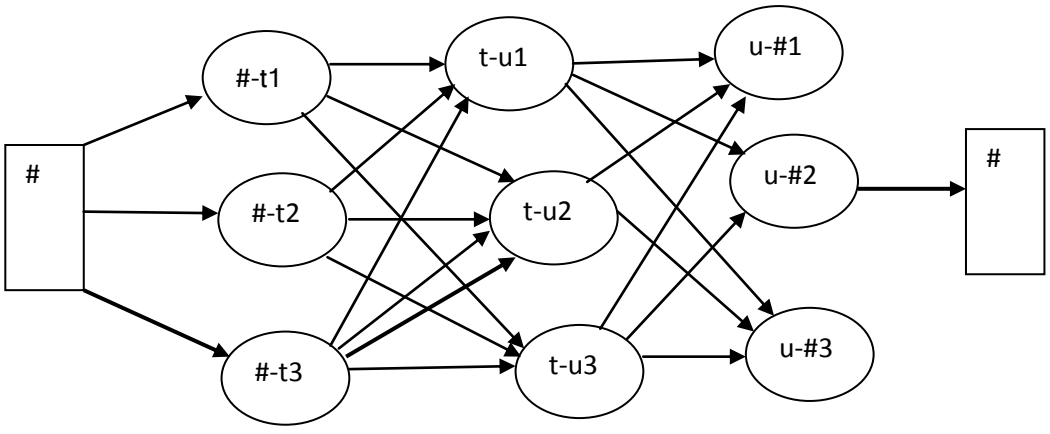
4.3 ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்

ஒன்றிணைப்புப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கம் (concatenative synthesis) இயல்பான பேச்சிலிருந்து ஆக்கப்பட்ட வேறுபட்ட நீளமுள்ள ஏற்கனவே பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சு அலகுகளைப் பயன்படுத்தும் செயல்பாடாகும். ஒன்றிணைப்பு உருவாக்கத்தில் முன்பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சின் தரவுதளத்திலிருந்து உள்ள பேச்சுக் கூறுகள் ஒன்றிணைக்கப்படும். ஒன்றிணைப்பு பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க நுட்பங்கள் மூலம் பல வெற்றிகரமான ஒழுங்குமுறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் ஒன்றிணைப்பாக்கத்தில் பல சிக்கல் உள்ளன. அதிக அளபு இயற்கைத்தன்மையான ஒலிகளை உருவாக்கவேண்டி அவைகள் கவனத்தில் கொள்ளப்படவேண்டும். சில சிக்கல்கள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

1. உருவாக்கப்பட்ட பேச்சில் இணைக்கப்படும் இடங்களில் தொடர்ச்சி இல்லாமை.
2. குறிப்பாக அசைகள், சொற்கள் போன்ற நீண்ட ஒன்றிணைப்பு அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும்போது நினைவகத் தேவை பெரும்பான்மையும் அதிகமாகும்.
3. தரவைச் சேகரிப்பதற்கும் அடையாளப்படுத்துவதற்கும் பெரும்பான்மையும் காலம் அதிகமாகத் தேவைப்படும்.
4. வெளியீட்டுப் பேச்சு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட தரவு அடித்தளத்தை அதிகமாகச் சார்ந்து அமையும்.

கோட்பாட்டு அடிப்படையில் எல்லா சாத்தியமான மாற்றொலிகளும் உட்படுத்தப்படவேண்டும்; இருப்பினும் தரத்திற்கும் மாதிரிகளின் எண்ணிக்கைகளுக்கும் இடையில் சலுகைகள் செய்துகொள்ளவேண்டும். ஒன்றிணைக்கப்படவேண்டிய பேச்சு அலகுகள் பதிவுசெய்யப்பட்ட ஒலியின் வேறுபட்ட இடங்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுவதால் ஒலியைப் பதிவு செய்யும் போது எப்போதும் இசைமை ஒன்றுபோல் இருக்க இயலாததாலும் வேறுபட்ட சொற்கள் வேறுபட்ட இசைமகளைக் கொண்டிருப்பதாலும் ஒன்றிணைக்கும் இடங்களில் தொடர்ச்சி இன்மை ஏற்படுகின்றது. இயல்பான ஒலியைப் பெறுவதற்காக இணைக்கப்படும் இடங்கள் அகற்றப்படவேண்டும்; இணைக்கப்படும் இரண்டு பேச்சு அலகுகளின் இசைமையைச் சமன்படுத்தி இதைச் செய்யவியலும்.

இந்தச் செயல்பாட்டில் நாம் தேவைப்படும் கூற்றுக்களை உருவாக்குவதற்காக முன்ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பேச்சின் கூறுகளைத் தெரிந்தெடுத்து ஒன்றோடு ஒன்று இணைக்கின்ற காரணத்தால் பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள ஒன்றிணைப்பு உருவாக்கம் வெட்டி ஒட்டும் கூட்டிணைப்பாக்கம் (cut and paste synthesis) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றது. இந்தச் செயல்பாட்டில் நாம் தேவைப்படும் கூற்றுக்களை உருவாக்குவதற்காக முன்ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பேச்சின் கூறுகளைத் தெரிந்தெடுத்து ஒன்றோடு ஒன்று இணைக்கின்றோம்.



ஒலிப்பதிவு செய்வதற்குப் பொதுவான தேர்வு ஒலியன்களும் ஒலியிருமைகளும் (diphones) ஆகும்; ஏனென்றால் அவைகள் போதுமான நெகிழ்வு பெறுவதற்கு வேண்டியும் நினைவகத் தேவைகளைப் போதுமான அளவுக்கு வைப்பதற்கு வேண்டியும் குறுகி உள்ளன. பல காரணங்களால் அசைகள் அல்லது சொற்கள் போன்ற நீண்ட அலகுகளைப் பயன்படுத்துவது

சாத்தியமில்லாதது மற்றும் நடைமுறைப் படுத்த இயலாதது ஆகும். ஒன்றிணைப்புகளில் ஒலியிருமைகளைப் (diaphones) பயன்படுத்துவது ஒலிப்புகளைக் கையாள நல்ல சாத்தியங்களைத் தருகின்றது; ஏனென்றால் ஒலியிருமைகள் ஒரு ஒலியனிலிருந்து மற்றொரு ஒலியனுக்கு மாறுவதையும் மற்றும் முதல் ஒலியனின் பின் பகுதியையும் இரண்டாம் ஒலியனின் முன் பகுதியையும் கொண்டிருக்கின்றது. இதன் விளைவாக ஒன்றிணைப்பு இடம் ஒவ்வொரு ஒலியனின் மையத்திலும் இடங்காணப்படும் மற்றும் இது ஒலியனின் நிலையான இடமாக இருப்பதன் காரணமாக எல்லைகளில் ஏற்படும் வேறுபாட்டின் அளவு குறைவதை எதிர்பார்க்க இயலும். ஒரு தரவு அடித்தளத்தின் வேறுபட்ட ஒலியன்களின் எண்ணிக்கை கிட்டத்தட்ட 40-இலிருந்து 50-க்குள் இருக்கையில் பொருத்தமுள்ள ஒலியிருமைகளின் எண்ணிக்கை இயல்பாக 1500-இலிருந்து 2000 வரைக்கும் இருக்கும்; இருப்பினும் இந்த அளவு தரவு அடித்தளத்தைக் கொண்ட கூட்டிணைப்பாக்கி பொதுவாகச் செயல்முறைப்படுத்தத் தக்கதாகும்.

பொதுவாக ஒருங்கிணைப்பாக்கம் மிக இயற்கையான உருவாக்கப்பட்ட பேச்சை உருவாக்கும். இருப்பினும் பேச்சில் உள்ள இயற்கையான வேறுபாடுகளுக்கும் அலைவடிவுகளைக் கூறிடுவதற்கான தானியக்கமான நுட்பங்களின் இயல்புக்கும் இடையிலான வேறுபாடுகள் வெளியீட்டில் கேட்கத்தக்க தடுமாற்றத்தில் விளையும். ஒன்றிணைப்பாகத்தின் மூன்று முக்கியத் துணை வகைகள் உள்ளன.

4.4 அலகுத் தேர்வு கூட்டிணைப்பாக்கம்

அலகுத் தேர்வு கூட்டிணைப்பாக்கம் (unit-selection synthesis) பதிவு செய்யப்பட்ட பேச்சின் பெரிய தரவு அடித்தளங்களைப் பயன்படுத்துகின்றது. தரவு அடித்தள உருவாக்கத்தின் போது ஒவ்வொரு பதிவுசெய்யப்பட்ட கூற்றும் பின்வருவனவற்றின் சிலவாக அல்லது எல்லாமாகக் கூறிடப்படும்: தனிப்பட்ட ஒலிகள், ஒலியிருமைகள், அரையொலிகள், அசைகள், உருபன்கள், தொடர்கள், மற்றும் வாக்கியங்கள். இயல்பாகக் கூறுகளாக்கும் பகுப்பு சிறப்பாக மாற்றப்பட்ட ஒரு பேச்சுப் புரிவான் குழுமத்தைப் பயன்படுத்தி அலைவடிவம், நிறமாலை நிழற்படம்/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் போன்ற காட்சி உருப்படுத்தங்களைப் பயன்படுத்தி பின்னர் சில கையாலான திருத்தங்களுடன் ஒரு “கட்டாயப்படுத்தப்பட்ட வரிசையாக்க” முறைக்குச் செய்யப்படுகின்றது. பேச்சு தரவு அடித்தளத்தில் அலகுகளின் சொல்லடைவு, பகுப்பு மற்றும் அடிப்படை நிகழ்வெண் (இசைமை), காலம், அசையில் இருப்பிடம், அடுத்துவரும் ஒலிகள் போன்ற ஒலியியக்க அளகைகளின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்படுகின்றது. வழிமுறைவரைவு இயக்கக் காலகட்டத்தில் (runtime) விரும்பப்பட்ட இலக்குக் கூற்று தரவு அடித்தளத்திலிருந்து தேர்வை நாடும் அலகுகளின் நற் தொடர்ச்சியியை

உறுதிசெய்வதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. இந்தச் செயல்பாடு சிறப்பாக மதிப்பீடுசெய்யப்பட்ட தீர்மானக் கிளையமைப்பைப் பயன்படுத்தி வழக்கமாகச் சாதித்துக்காட்டப்படுகின்றது.

அலகுத் தேர்வு பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சுக்கு இலக்கவெண்ணியல்/டிஜிட்டல் குறிகை/சமிக்கைப் பகுப்பாய்வின் (digital signal processing) குறைந்த அளவையே பயன்படுத்துவதன் காரணமாக அதிக இயற்கைத்தன்மையை வழங்குகின்றது. இலக்கவெண்ணியல் குறிகைப் பகுப்பாய்வு பெரும்பான்மையும் பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சை குறைந்த அளவு இயல்பானதாகச் செய்கின்றது; சில ஒழுங்குமுறைகள் அலைவடிவை நேர்த்திசெய்ய ஒன்றிணைக்கும் இடத்தில் குறிகைப் பகுப்பாய்வின் குறைந்த அளவையே பயன்படுத்துகின்றன. நல் அலகுத்தேர்வு ஒழுங்குமுறைகளின் (best unit selection systems) வெளியீடு முக்கியமாகப் பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை ஒத்திசைவு செய்யப்பட்ட சூழல்களில் பெரும்பான்மையும் உண்மையான மனிதக் குரல்களிலிருந்து வேறுபடுத்த இயலாதனவாய் உள்ளன. இருப்பினும் அதிகப்படியான இயற்கைத்தன்மை இயல்பாக அலகுத் தேர்வு பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தளங்களை மிகப் பெரிதாக வேண்டுகின்றது; சில ஒழுங்குமுறைகளில் பேசின் நீண்ட மணிநேரங்களை உருப்படுத்தம் செய்யும் கிகாபைட் அளவிலான பதிவு செய்யப்பட்ட தரவை வேண்டும். மேலும் தரவு அடித்தளத்தில் நற் தேர்வு சாத்தியம் இருந்தபோதிலும் குறைந்த பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை விளைவிக்கும் கூறுகளையே தேர்வுசெய்யும் வழக்கத்திற்கு அலகுத் தேர்வு வழிமுறை வரைவுகள் (unit selection algorithms) அறியப்படுவன ஆகும்.

4.5 ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாக்கம் (Diaphone synthesis)

ஒலியிருமைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Diaphone synthesis) மொழியில் நேரும் எல்லா ஒலியிருமைகளையும் கொண்டிருக்கும் குறைந்த அளவிலான பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தைப் பயன்படுத்துகின்றது. ஒலியிருமைகளின் எண்ணிக்கை மொழியின் ஒலியன் வரன்முறையை (phonotactics) பொறுத்து அமையும். ஒலியிருமைக் கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்தில் ஒவ்வொரு ஒலியிருமைக்கும் ஒரேயொரு எடுத்துக்காட்டுதான் பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தில் இருக்கும். வழியமைப்பு இயக்கக் காலகட்டத்தில் ஒரு வாக்கியத்தின் இலக்கு மீக்கூறு இலக்கவெண்ணியல் குறிகை பகுப்பாய்வு நுட்பங்களின் மூலம் இந்தக் குறைந்த அலகுகள் மீது சுமத்தப்படும். விளைவிக்கப்படும் பேச்சு அலகுத்தேர்வு ஒழுங்குமுறைகளைக் காட்டிலும் பொதுவாக மோசமானதாக இருக்கும்; ஆனால் ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கிகளின் வெளியீட்டைக் காட்டிலும் அதிக இயல்பானதாக இருக்கும். ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாகம் ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாகத்தின் ஒலிசார் தடுமாற்றங்களாலும் ஒலிச்செறிவு

கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் செயற்கை ஒலிப்பு இயல்பாலும் குறையுற்றிருக்கும்; சிறிய அளவு என்பதைத் தவிர இவ்விரு அணுகுமுறைகளிலிருந்தும் குறைந்த அளவு அனுகூலங்களையே கொண்டுள்ளது. எனவே இதன் வணிகவயமான பயன்பாடுகள் குறைகின்றன; இருப்பினும் பல மென்பொருள் நடைமுறைப்படுத்தல்கள் இலவசமாகக் கிடைப்பதன் காரணமாக இது தொடர்ந்து ஆய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

4.6 பொருண்மைக்களச் சிறப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Domain-specific synthesis)

பொருண்மைக்களச் சிறப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Domain-specific synthesis) முழு கூற்றையும் உருவாக்க முன் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட சொற்களையும் தொடர்களையும் ஒன்றிணைக்கின்றது. இது பயணக் கால அட்டவணை அறிவிப்புகள் அல்லது வானிலை அறிக்கைகள் போன்ற ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மைக் களத்தை எல்லைப்படுத்தும் வெளியீடுகளின் பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத்தொழில் நுட்பம் நடைமுறை படுத்துவதற்கு எளியது மற்றும் பேசும் கடிகாரங்கள் கணிப்பான்கள் போன்ற கருவிகளில் நீண்டகால வணிகப் பயன்பாடு கொண்டுள்ளது. வாக்கிய வகைகள் எல்லைக்குட்பட்டு இருப்பதாலும் மற்றும் அவை மூல ஒலிப்பதிவுகளின் மீக்கூறு மற்றும் இசையோட்டத்துடன் நெருக்கமாகப் பொருந்துவதாலும் இவ்வொழுங்கமைப்புகளின் இயற்கைத்தன்மை நிலை மிகவும் உயர்ந்ததாய் இருக்க இயலும்.

இவ்வொழுங்கமைப்புகள் அவற்றின் தரவு அடித்தளங்களில் சொற்கள் மற்றும் தொடர்களால் எல்லைப்படுத்தப்பட்டுள்ளதாலும் அவை பொது நோக்கத்திற்கு உகந்ததல்ல மற்றும் அவை முன் வழியமைப்பு செய்யப்பட்ட சொற்கள் மற்றும் தொடர்களின் ஒன்றிணைப்புகளை மட்டுமே கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் செய்ய இயலும்.

4.7 எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் (HMM based synthesis)

எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறை (HMM based synthesis) ஹிட்டன் மார்க்கோவ் மாதிரிகள் அடிப்படையிலானது. இந்த ஒழுங்குமுறையில் நிகழ்வெண் நிறமாலை/அலைமாலை (பேச்சுக் குழாய்), அடிப்படை நிகழ்வெண் (பேசு மூலம்), பேச்சின் கால அளவு (மீக்கூறு) என்பன எச்.எம்.எம்.களால் ஒரே நேரத்தில் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. பேச்சு அலைகள் கூடுதல் சாத்திய அளவீடு (maximum likelihood criterion) அடிப்படையில் உருவாக்கப்படுகின்றது.

இவ்வொழுங்கமைப்பு இரண்டு நிலைகளைக் கொண்டுள்ளது: பயிற்சி நிலை, (training stage) கூட்டிணப்பாக்கம் (சோதனை) (testing). பயிற்சி நிலையில் ஒலியன் எச்.எம்.எம்.கள் பேச்சு தரவு அடித்தளத்தைப் பயன்படுத்திப் பயிற்சி செய்யப்படுகின்றது.

நிறமாலை/அலைமாலை (spectrum), அடிப்படை நிகழ்வெண் (F0) என்பன பல்லொழுக்கு எச்.எம்.எம்.களால் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன; இதில் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 பகுதிகளுக்கு வெளியீட்டு வினியோகங்கள் (output distributions) முறையே தொடர்ச்சியான நிகழ்வுத்தகவு வினியோகம் (continuous probability distribution) மற்றும் பல் இடைவெளி நிகழ்வுத்தகவு விநியோகம் (multi-space probability distribution) இவற்றைப் பயன்படுத்தி மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன

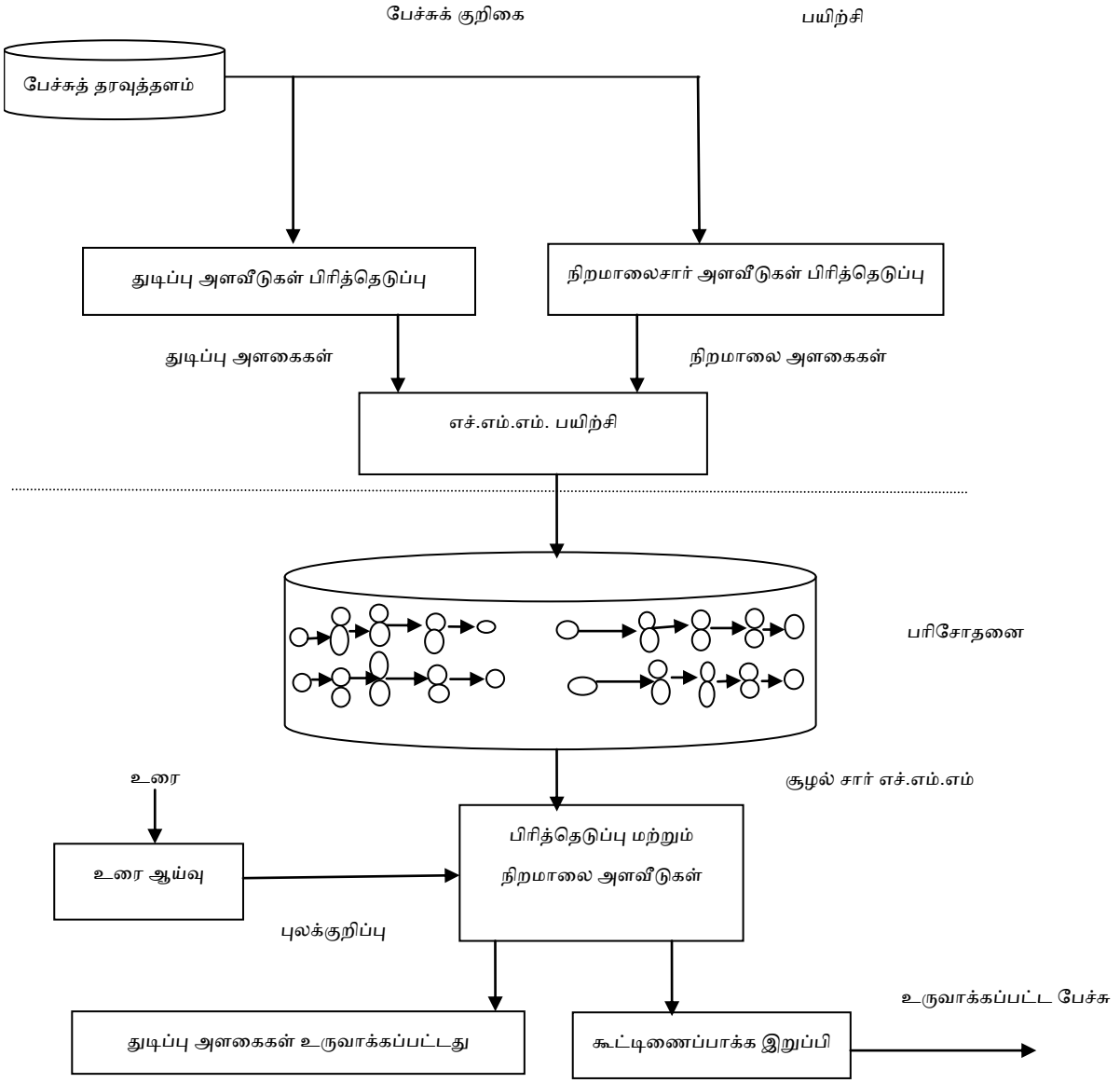
நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 இவற்றின் வேறுபாடுகளை மாதிரிப்படுத்த ஒலியியல், மீக்கூறு, ஒலியன் அடையாளக் காரணிகள், அழுத்தம் தொடர்பான காரணிகள், இடம்சார் காரணிகள் போன்ற மொழிச் சூழல் காரணிகள் கருத்தில் கொள்ளப்படுகின்றன. பின்னர் தீர்மானக் கிளை அடிப்படையிலான சூழல் கொத்தாக்க நுட்பம் (decision tree based context clustering technique) சூழல் சார் ஒலியன் எச்.எச்.எம்.களின் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 பகுதிகளுக்குத் தனித்தனியாக பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இறுதியாக நிலை கால அளவுகள் பல்பரிமாண காசியன் வினியோகங்களால் (multi-dimensional Gaussian distributions) மாதிரிப்படுத்தப்படுகின்றது மற்றும் நிலைக் கொத்தாக்க நுட்பம் (state clustering technique) கால அளவு மாதிரிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எச்.எம்.எம். இன் கட்டு வரைபடம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

கூட்டிணைப்பாக்க (பரிசோதனை) நிலையில் தரப்பட்ட ஒரு பனுவல் சூழல் சார் ஒலியன் புலக்குறிப்பு தொடர்ச்சியாக மாற்றப்படுகின்றது. புலக்குறிப்புத் தொடர்ச்சி அடிப்படையில் ஒரு வக்கியம் எச்.எம்.எம். சூழல்சார் ஒலியன் எச்.எச்.எம்.களை ஒன்றிணைப்பதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. ஒலியன் கால அளவுகள் நிலை கால அளவு வினியோகங்களைப் பயன்படுத்திப் பெறப்படுகின்றது; பின்னர் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 அளகை தொடர்ச்சிகள் வாக்கிய எச்.எம்.எம்.-இலிருந்து எம்.எல். அளவீடு அடிப்படையில் பெறப்படுகின்றது. இறுதியாக எம்.எல்.எஸ்.எ.-ஐப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட மெல்-செப்ட்ரல் (Mel-septral) மற்றும் F0 அளகை தொடர்ச்சிகள் இவற்றிலிருந்து இறுப்புப் பேச்சு (filter speech) கூட்டிணைப்பாக்கப்படுகின்றது.

இந்த அணுகுமுறையில் பேசும் பாணிகள்/நடைகள் இரண்டு வழிகளில் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது: “நடை/பாணி சார் மாதிரியாக்கம்” அல்லது “நடை கலவை மாதிரியாக்கம்”. நடைசார் மாதிரியாக்கத்தில் ஒவ்வொரு நடையும் தனித்தனியாக மாதிரிப்படுத்தப்படுகின்றன. மாறாக நடைக் கலவை மாதிரியாக்கத்தில் பேசும் பாணிகளும்/நடைகளும் உணர்ச்சி வெளியீடுகளும் சூழல் காரணிகளாகவும் ஒலியியல் மற்றும் மொழியியல் காரணிகளாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது; மற்றும் எல்லா நடைகளும் ஒரே

நேரத்தில் ஒரு தனியான ஒலியியக்க மாதிரியால் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு மாதிரியாக்க அணுகுமுறைகளுக்கும் ஒரே நிறைவேற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும் மற்றும் பதிவு செய்யப்பட்ட பேச்சுடன் ஒற்றுமையுள்ள பேச்சைச் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்வது சாத்தியமாகும்.

நம்மிடம் வேறுபட்ட இரு நபர்களின் இரு பேச்சு நடை மாதிரிகள் இருந்தால் இரு நபர்களின் மாதிரிகளை இடைச் செருகுவதால் இரு பேசுபவர்களுக்கு இடையில் இடைப்பட்ட குரல் சிறப்புப்பண்புகளைக் கொண்ட பேச்சைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்ய இயலும். இதற்கு நாம் கவனக்கணிப்புகளுக்கு (observation) இடைச்சொருகல் எனப்படும் எளிய இடைச்சொருகல் நெறிமுறையைப் (interpolation method) பயன்படுத்துகின்றோம்.



5. பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க நெறிமுறைகளின் நிறைகளும் குறைகளும்

கூட்டிணைப்பாக்க வகை	**நிறை**	**குறை**

ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்	பேச்சின் பௌதிகப் பாவனை; ரபோட்டிக் பயன்பாடுகளுக்குப் பொருத்தமானது.	இயல்புத்தன்மை/ இயற்கைத் தன்மை குறைவு
ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம்	வேறுபட்ட பேச்சு நடைகளுகளை உட்படுத்தும் நெகிழ்வுத்தன்மை.	அளகைகளின் கையிலான இசைவிப்பு
ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்	நல்ல இயற்கைத் தன்மை.	குறைவான புரிந்துகொள்கை; அதிக நினைவகம் தேவைப் படுதல்.
எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம்	நல்ல பண்புள்ள புரியவியலும் பேச்சைப் பெற குறைந்த அளவிலான நினைவகத் தேவைகள்	அலகுத் தேர்வுடன் ஒப்பிடுகையில் இயற்கைத் தன்மையின் தரக்குறைவு.

6. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகளும்

உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை இயல்பான மொழியை (உரையை) பேச்சாக மாற்றுகின்றது. தற்காலத்தில் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை பல நோக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை சில பயன்பாடுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதன் சில பயன்பாடுகள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

1.இலக்கவெண்சார் நூல் படிப்பான் (digital reader)

2.கைபேசி செய்தி படிப்பான் (mobile news reader)

3.பேச்சு ஒழுங்குமுறை (speech system)

4. கேளிக்கை/பொழுதுபோக்குத் தொழில் (entertainment industry)

6.1. இலக்கவெண்சார் நூல்படிப்பான்

கணிப்பொறி திரையில் உரைகளைப் படிப்பதற்கு நிறைய காலம் எடுத்துகொள்கின்றது. பயன்படுத்துபவர் மின் அஞ்சலைப் படிப்பர், ஸ்ப்ரெட்ஷீட்களை

நிரப்புவர், இணைய தளத்திலிருந்து தகவல்களைச் சேகரிப்பர், சொல்லாய்வியில் கட்டுரைகளைத் திருத்துவர்; இது போன்று பல செயல்களைச் செய்வர். பெரும்பாலும் எல்லோரும் கண் களைபுக்கு ஆளாயிருப்பர். உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை இச்செயல்களை எளிதாக்குகின்றது. அது கணியில் உள்ள உரைகளை கேட்கக்கூடிய வடிவில் மாற்றித் தருகின்றது.

6.2 கைபேசி செய்தி படிப்பான்

எல்லோருக்கும் பல வேலைகள் இருக்கும். அவர்கள் தங்கள் இயல்பான வேலைகளில் ஈடுபடுவதற்கு இடையில் செய்திகளை அறிய விரும்புவர். இன்றைய கால கட்டத்தில் எல்லோர் கையிலும் கை பேசி உள்ளது. உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையைக் கைபேசியில் நிறுவினால் செய்திகளை உரை-பேச்சு ஒழுக்குமுறை படிக்கக் கேட்கலாம்.

6.3. பேச்சு ஒழுங்குமுறை

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் பகுதியாகும். இது ஒரு மொழியில் எழுதப்பட்டுள்ள உரைகளை இலக்கு மொழியாக மாற்றுகின்றது. இறுதியில் பேச்சு-உரை ஒழுங்குமுறை எழுத்து உரையை பேச்சு உரையாக மாற்றித் தரும்.

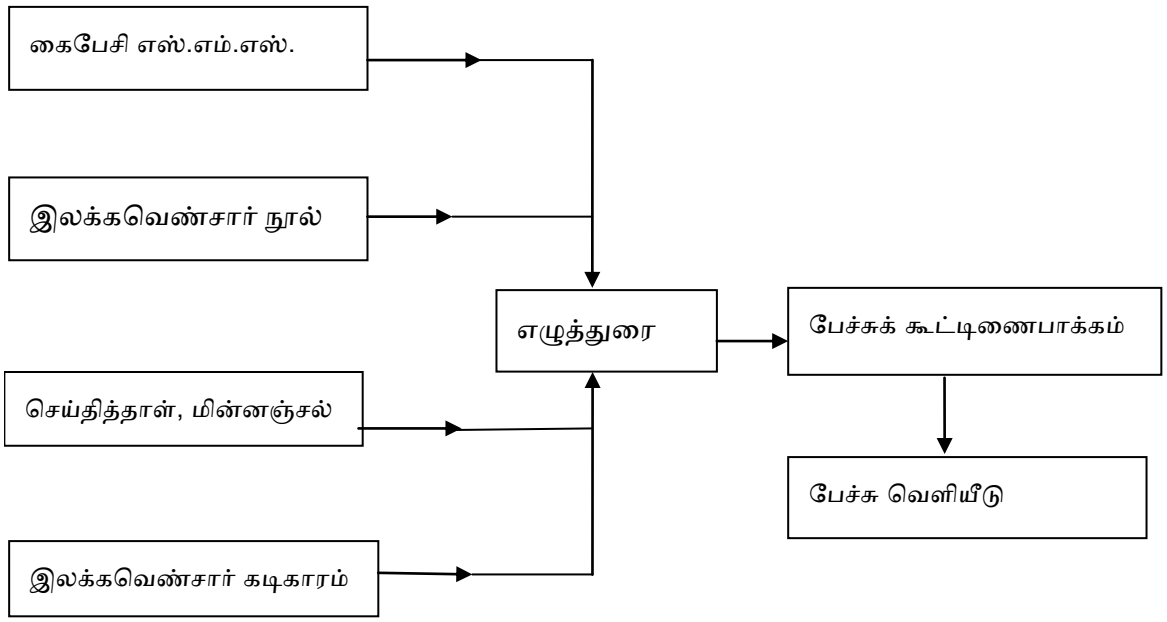
6.4 மருத்துவப் புலம்

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை தொழிநுட்பத்திற்கு உதவும் கருவிகளாகப் பயன்படுகின்றது. மிகப் பெரிய பயன்பாடு பார்வை குறைபாடு உள்ளவர்களுக்குத் திரை படிப்பானாகப் பயன்படுவது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பார்வையற்றவர்களுக்கு நூல்களைப் படித்துக் காட்டும்; மின்னஞ்சல்களைப் படித்துக்காட்டும்; இணைய தளத்திலிருந்து வேண்டிய செய்திகளையும் தகவல்களையும் படித்துக் காட்டும். மட்டுமன்றி படிகவியலாத அல்லது படிக்க முயற்சிக்கும் குழந்தைகளுக்கு படித்துக் காட்டும் பயிற்சியாளராகவும் பயன்படுகின்றது. பேச்சுக் குறைபாடு உள்ளவர்களுக்கும் பயிற்சியாளராகப் பயன்படுத்த இயலும்.

6.5. கேளிக்கைத் தொழில்

இன்றைய கால கட்டத்தில் உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பல்லூடக தொழிலுக்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை கணினி விளையாட்டு, வீடியோ விளையாட்டு மற்றும் பிற பல கேளிக்கைத் தொழில்களில் பயன்படுகின்றது. ஒட்டுமொத்த பயன்பாட்டு மாதிரி கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் எண்



7. தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்

7.1.அறிமுகம்

பேச்சு மற்றும் கட்புலன் போன்ற மனித வசதிகளை இயந்திரத்தில் உட்படுத்துவது செயற்கை அறிவு ஆய்வின் அடிப்படை விசயமாகும். பேச்சு வெளியீட்டை உருவாக்கும் கணிப்பொறியின் திறன் பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் என அழைக்கப்படுகின்றது. இது பேச்சு உற்பத்தி மற்றும் புலனுணர்வின் ஆழமான புரிந்துகொள்ளலை வேண்டுகின்றது. கணிப்பொறிக்கு மனித இடைமுகத்தின் முன்னேற்றத்தைப்பற்றிப் பரவலான பேச்சு இருக்கின்றது. மக்கள் தேவையான தரவை உட்கார்ந்து தட்டச்சு செய்ய விரும்பவில்லை அல்லது கணினித் திரையிலிருந்து தரவை படிக்க விரும்பவில்லை. இந்நோக்கத்தில் பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் கணிப்பொறிக்கு மனித இடைமுகத்தை மேம்படுத்த முக்கியமான படிகளில் ஒன்றாக அமைகின்றது. இவ்வியலில் தமிழுக்கு உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை (speech synthesis) நடைமுறைப்படுத்துவது பற்றி கூறப்படும்.

7.2. தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் பின்னடைவு

தமிழில் உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சை உருவாக்கும் முயற்சி பின்வரும் காரணங்களால் பின்னடைவு காட்டுகின்றது.

1. தமிழ் மொழியின் கலவைத் தன்மை

2. தமிழ் மொழி இலக்கணத்தின் கலவைத் தன்மை (ஒலியன் வரன்முறை, மெய்மயக்கங்களின் அமைப்பு, புணர்ச்சி மாற்றங்கள்)
3. தூயதமிழ்ச் சிக்கல் (பேச்சுத் தமிழுக்கும் தூய எழுத்துத் தமிழுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்)
4. ஏற்கனவே உருவாக்கப்பட்ட தமிழ் உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்கமைப்புகளின் செயற்கைத் தன்மை.

7.3. தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் முயற்சிகள்

தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் முயற்சிகளில் முதன்மையாக குறிப்பிடத்தகுந்தவர்கள் யக்ஞநாராயணாவும் (Yegnanarayana et al., 1994) ஹேமா மூர்த்தியும் ஆவர். தமிழ் மொழிகளுக்கான பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்காக ஆய்வுகள் மேற்கொண்டு கட்டுரைகளாக வெளியிட்டுள்ளனர். ஹேமா மூர்த்தி பல ஆய்வுத்திட்டங்களை மேற்கொண்டு தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்திற்கான ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கியுள்ளார்.

தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சாய்வில் இந்திய அறிவியல் நிறுவனத்தைச் சர்ந்த ராமகிருஷ்ணாவின் பங்களிப்பு இங்கு கட்டாயம் குறிப்பிட வேண்டிய ஒன்றாகும். உரையிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்தில் அவர் பெரும் பங்களிப்பு செய்துள்ளார். பிரதிபாவும் அவரும் எழுதிய "தமிழுக்கான இணையச் சாத்தியமான பேச்சு உருவாக்கி (Prathibha and Ramakrishana 2002), அவரும் பிறரும் (Ramakrishnan, Kaushik, Laxmi Narayana 2007) எழுதிய "தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சுக்கு இயற்கைமொழி ஆய்வு" மற்றும் அவர் எழுதிய பேச்சு நுட்பமும் தமிழும் (Ramakrishana 2014) என்பன சான்றுகளாகும்.

ஜெயவர்த்தனா மற்றும் பிறர் (Jayavardhana Rama et al 2001) திருக்குறளுக்கு ஒரு உரையிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை உருவாக்கியுள்ளனர். அவர்கள் தமிழ் மொழியில் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றத்திற்கு ஒரு புதிய நெறிமுறையை விளக்குகின்றனர். இது இரண்டு நிலைகளை உள்ளடக்கியது: நேரடித்தொடர்பில்லா நிலை/ஆப்லைன் நிலை (offline phase) மற்றும் நேரடித்தொடர்பு நிலை/ஆன்லைன் நிலை (online phase). நேரடித்தொடர்பில்லா நிலை முன்செயற்பாங்கு (preprocessing), கூறுபடுத்தல் (segmentation), இசைமை அடையாளப்படுத்தல் (patch marking) இவற்றை உட்படுத்தும். மீக்கூறு (prosody) கூற்று வெளிப்பாட்டிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் பௌதீக, ஒலியியல் விளைவுகளின் கலவைத்தன்மையான அலையாகும். மீக்கூறு இசைமை (pitch), விட்டிசை (pause), மாத்திரை (duration), ஒலிவன்மை/ஒலிமிகைப்பு (loudness) இவற்றை உள்ளடக்கும். இசைமை பேச்சு குறிகையின் அதிக வெளிப்படுத்தும் பகுதி ஆகும். மாத்திரை

கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சின் இயல்புத்தன்மையைப் பாதிக்கும் முக்கியக் காரணியாகும். ஒரு சொலின் அல்லது வாக்கியத்தின் வேறுபட்ட இடங்களில் வரும் ஒரே உயிரொலி வேறுபட்ட மாத்திரைகளைக் கொண்டிருக்கும். இதற்குப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டு தரப்பட்டுள்ளது: *நான் ஆறு மணிக்கு வரலாமா*. இந்த வாக்கியத்தில் உயிரொலி /ஆ/ வேறுபட்ட இடங்களில் வேறுபட்ட மாத்திரையில் வருகின்றன. இசைமை அடையாளத்தில் அலைவடிவங்கள் ஒன்றிணைக்கப்படுவதால் இசைமையை அடையாளப்படுத்தல் முக்கியமானதாகும். இசைமையை மதிப்பீடு செய்யத் தானியக்கப் பொருத்த நெறிமுறை (auto-correlation method) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கால அளவின் நீட்சி தந்துள்ள கூறில் அதிகபட்ச தானியக்க பொருத்தத்தைக் கண்டுபிடிப்பதால் கணிக்கப்படுகின்றது. உரை/பனுவல் ஆய்வு நிலை பேச்சின் அடிப்படை அலகுகளின் கோர்வைகளாகப் பகுப்பாய்வு செய்வதையும் தமிழ் விதிகளைப் பயன்படுத்துவதையும் உட்படுத்தும். கூட்டிணைப்பாக்க நிலை சரியான வரிசைகிரமத்தில் இவ்வலகுகளின் அலைவடிவுகளின் ஒன்றிணைப்பை உட்படுத்தும். இயற்கைத் தன்மை அடிப்படையில் இத்திட்டம் விரிவுபடுத்தபட்டுள்ளது.

பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் மற்றும் அவற்றின் உயர்ந்த நிலைப் பயன்பாடு தொடர்பாகத் தமிழ் உரை-பேச்சு இயந்திரத்தின் நடைமுறையாக்கம், முன்னேற்றம், நடைமுறைப்படுத்தலின் சவால்கள் இவற்றின் பல்வேறு நெறிமுறைகள் சுருக்கமாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. பனுவலிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் நடைமுறையாக்கம் ஒன்றிணைப்பு நெறிமுறையைப் பயன்படுத்தி செய்யப்படுகின்றது; பனுவலிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தின் தேவையான பகுதிகளான சொல் பகுப்பாய்வி (lexical analyzer), ஒலியன் கண்டுபிடிப்பி (phoneme identifier), குரல் பொருத்துதல் (voice mapping), பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கி (speech synthesizer), குரல் சீராக்கம் (voice modulation) இவைபற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு பயன்படுத்தப்படும் சொல்லாய்வி வழக்கமான சொல்லாய்வியுடன் ஒற்றுமை காட்டுகின்றது; அவை தமிழ் எழுத்துருக்களை உட்படுத்த இயலும் (எ.கா. முரசு அஞ்சல்); பனுவலை/உரையை ஒலியியல் அடிப்படையில் உள்ளீடு செய்யும் அல்லது தமிழ் விசைப்பலகையைப் பயன்படுத்தும் விருப்பத்தேர்வு கொண்டிருக்கின்றது. இது தரவு பேச்சாக வெளிப்படுத்தப்பட வேண்டும் என்று விரும்புகிற பயன்படுத்துபவரிடமிருந்து உரை/பனுவல் பதிவைப் பெறும். ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் பின் வேகம், கன அளவு போன்ற மதிப்புகள் வழுநிலையாக வைக்கப்படும்.

எ.கா.

/s[75]/v[75]அ/tன்னைs/[75]ஒ/tரு/s[75]/v[75]தெ/tய்வம்

இது சொற்களை 75% வேகத்திலும் 75% கன அளவிலும் பொருத்தமான அசை அழுத்தத்திலும் இசைக்கும். சொல்சார் அசை அழுத்த ஆய்வி சுவையற்ற விளைவை நீக்க உதவ வேண்டி வாக்கியத்தின் பல்வேறு பாகங்களுக்கு வெளிப்படையாகக் கூறப்படாதவை தவிர பிறவற்றிற்குச் சரியான அசை அழுத்தத்தைச் சேர்ப்பதற்காகத் தந்துள்ள பனுவலை தமிழ் இலக்கணத்திற்காகப் பரிசோதிக்கும். ஒலியன் அடையாளம் கண்டுபிடிப்பியால் *அன்னை* என்ற சொல் Aது NதுNAI என்று பகுப்பாய்வு செய்யப்படும்; இதில் ஒவ்வொன்றும் அவற்றின் தொடர்புள்ள ஒலிகளைக் கொண்டிருக்கும். இதுபோன்று எல்லா சொல்லையும் பகுத்தாயலாம்.

கிஷோர் மற்றும் பிறர் (Kishore, Rohit Kumar and Rajeev Sangal 2002) ஒன்றிணைப்புக்கு அசைகளை அடிப்படையாகப் பயன்படுத்தி தரவு-இயக்க அணுகுமுறை/நெறிமுறை (data-drivan method) அடிப்படையில் இந்திய மொழிகளுக்கு உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்கு முயன்றுள்ளனர். இந்நெறிமுறையின் அலகுத்தேர்வு வழிமுறைவரைவு மீக்கூறு பொருத்தச் செயற்பாட்டைக் கையாளும் அனுகூலத்தைக் கொண்டுள்ளது; இது சொற்கள், தொடர்கள், வாக்கியங்கள் போன்ற பெரிய வரிசைகளை உட்படையாகத் தேர்ந்தெடுக்க இயலும். முன்மொழியப்பட்ட இந்த அணுகுமுறை இந்திய மொழிகளுக்கு உயர்ந்த சிறப்புப்பண்புள்ள பேச்சைத் தருவதாகக் கூறுகின்றனர்.

கிருதிகா, கீதா ஆகியோர் (Krithiga M.V. and Geetha T.V. 2004) எல்.பி.சி. அடிப்படையிலான ஒலியிருமை தரவு அடித்தளம் (diaphone database) மற்றும் கால அளவுவை மாற்றம் வழி அசை இசைமையின் மாற்றம் இவற்றைப் பயன்படுத்தி தமிழ் பனுவலிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்தின் பண்பில் முன்னெற்றத்தைப் பற்றி விளக்குகின்றனர். ஒன்றிணைக்கும் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கியால் (concatenative speech synthesizer) பேச்சு உருவாக்கப்படுகின்றது. அசை அலகுகள் அவற்றின் பண்பைக் குறைக்காமல் அலகு எல்லைகளில் ஸ்பெக்டரல் தொடர்ச்சியின்மையை குறைகும் படி ஒன்றிணைக்கப்படவேண்டும். ஒன்றிணைப்பு எல்லையில் பொருத்தமான ஈரொலியை செருகுவதாலும் கால அளவை மற்றத்தை நிறைவேற்றுவதாலும் நேர்த்தி ஏற்படுத்தப்படுகின்றது.

இந்திய மொழிகளின் தொழிநுட்ப முன்னெற்றம் (Technological Development of Indian Languages) என்ற இந்திய அரசின் ஆய்வித்திட்டத்தின் கீழ் தமிழ் மொழிக்காக 'எதிரொலி' என்ற ஒழுங்குமுறை சென்னை அண்ணாப் பல்கலைக்கழத்தால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

சாமுவல் தாமஸ் மற்றும் பிறர் (Samuvel Thomas, Nageshwara Rao, Hema A. Murthy, Ramalingam) 'Natural Sounding Tts Based On Syllable-Like Units' என்ற தமது கட்டுரையில்

ஒன்றிணைப்பாக்கப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்குப் புதிய அசைபோன்ற அலகைப் பயன்படுத்துவது பற்றி விளக்குகின்றனர். இந்த அலகுகள் குழும தாமத அடிப்படை பிரிப்பு வழிமுறைவரைவு (delay based segmentation algorithm) மற்றும் ஒலியியக்க அடிப்படையில் C*VC* (C: consonant, V: vowel) வடிவுக்குப் பொருந்துதல் இவற்றைப் பயன்படுத்தி தனியக்கமாக உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த ஒழுங்குமுறையின் திறன் தமிழில் இயல்பாக ஒலிக்கும் பேச்சை கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்து நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. ஓரசை அலகுகளுக்குப் பதிலாக ஈரசை அலகுகளைப் பயன்படுத்தியபோது கூறத்தக்க தர முன்னேற்றம் கிடைக்கப்பெற்றது; இதன் விளைவு மரபு ஒலியிருமை அடிப்படையிலான அணுகுமுறையைவிடச் மிகச் சிறந்ததாக அமைந்தது. இந்த அணுகுமுறையின் முக்கியமான சாதகநிலை மீக்கூறு விதிகளை நீக்கிவிடுவதாகும். பெறப்பட்ட பேச்சு இயல்பாக அமைவது இந்த அணுகுமுறையின் சிறப்பாகும். (என்பன இவர்களின் வாதம்).

வேணுககோபாலகிருஷ்ணா மற்றும் பிறர் (Venugopalakrishna Y R, மற்றும் பிறர் 2008) 'Design and Development of a Text-To-Speech Synthesizer for Indian Languages' என்ற தமது கட்டுரையில் ஒன்றிணைப்பாக்கத்தின் அலகுகளாக அசைகளையும் பல்லசைகளையும் கொண்டு அலகுத் தேர்வு அடைப்படையிலான உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பக்கியின் திட்டவரைவு மற்றும் நடைமுறைப் படுத்தல் பற்றி விளக்குகின்றனர். இந்திய மொழிகள் அசையை மையமாகக் கொண்டவை ஆதலால் இந்திய மொழிகளுக்கு அசையை அலகாகத் தெரிவுசெய்தது பொருத்தமானதாகும். அசை அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் கூறத்தக்க மீக்கூறு மாற்றத்தை வேண்டாவிட்டாலும் அசையின் சூழலில் நிறைவேற்றப்படவேண்டிய மீக்கூறு மாற்றம் மரபு ஒலியிருமை அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கதைவிட கூறத்தக்க விதத்தில் வேறுபட்டதாகும். (என்பன இவர்களின் வாதம்).

வினோத் மற்றும் பிறர் (Vinodh M.V., Bellur A., Narayan, B.K., Thakare D. M., Susan A., Suthakar N.M. and Murthy H.A.) 'Using polysyllabic units for text to speech synthesis in Indian languages' என்ற தமது கட்டுரையில் பல்லசை அலகுகளைப் (polysyllabic units) பயன்படுத்தி இந்திய மொழிகளுக்கு உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையை திட்டமிடுவது மற்றும் உருவாக்குவது குறித்து விளக்குகின்றனர். முதலில் ஒலியன் அடிப்படையிலான உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை உருவாக்கப்பட்டது. பின்னர் உரை-பேச்சுக்கு ஓரசை கொத்து அலகு (monosyllable cluster unit) உருவாக்கப்பட்டது. (பொருத்தமான அலகுகள் கிடைத்தால்) பல்லசை அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும் போது கூட்டிணைப்பாக்க வாக்கியத்தின் தரம் அதிகரிக்க இயலும் என்பது கண்டுணரப்பட்டது; ஏனென்றால் இம்மாதிரியான நேர்வுகளில்

சாரொலிப்பின் (co-articulation) விளைவு தக்கவைக்கப்படும். எனவே இந்தி மற்றும் தமிழுக்கு ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட வகை மயக்க அலகுகள் கொண்ட பல்லசை அலகுகள் உருவாக்கப்பட்டன. ஒழுங்குமுறை அலகுத் தேர்வு செயற்பாங்கின் போது அலகுகளில் சிறந்ததைத் தெரிந்தெடுக்கும்; இதன்காரணமாகச் சேர்க்கும் போதும் ஒன்றிணைக்கும் போதும் விளைகின்ற இழப்பைக் குறைக்க இயலும். ஆரம்பக்கட்ட கேட்டல் பரிசோதனை பல்லசை உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை சிறந்த தரம் உள்ளது என்பதைச் சுட்டிக்காட்டுகின்றது. (என்பன இவர்களது வாதம்).

வாசுரங்கநாதனின் தமிழ் தழுவிய கணினிசார் ஒலியனியலும், உரையிலிருந்து பேச்சாய்வும் (Ranganathan 2014, 2016) நல்ல நோக்கீடுகளாக அமையும்.

தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்திற்கான முன்னேற்பாடுகள் பல நடந்துள்ளன. குறிப்பாக சென்னையிலுள்ள IIT-யில் இது தொடர்பான ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. அந்நிறுவனத்தில் பணிபுரிந்த யக்ஞநாராயணா, ஹேமா மூர்த்தி, இராசேந்திரன் போன்றோர் உரையிலிருந்து பேச்சுத்தொடர்பான கருவிகளைச் செய்வதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொண்டு வெற்றிபெற்றுள்ளனர். அண்ணாப்பல்கலைக்கழகத்தில் நடைபெற்ற RCTDIL-T என்ற ஆய்வுத்திட்டத்திலும் இதற்கான முயற்சிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. திருவனந்தபுரத்திலுள்ள உலகத் திராவிட மொழிகளின் பள்ளி (ISDL) மலையாளத்திற்கு உருவாக்கிய மலையாள உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை தமிழ் உரைக்கும் நல்ல பேச்சு வெளியீட்டைத் தருகின்றது. எஸ் எஸ் என் கல்லூரியைச் சார்ந்த நாகராஜன் அவர்களும் உரையிலிருந்து பேசு உருவாக்கத்தில் தனது முத்திரையைப் பதித்துள்ளார்.

எதிரோலி என்பது தமிழிற்கான ஒரு உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரம் ஆகும். உரையிலிருந்து பேச்சு கூறு தேவைப்படுகின்ற எந்தவொரு பயன்பாட்டிலும் செருக இயலுமாறு இயந்திரம் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் உரை உள்ளீடாக வழங்கப்படும்போது, அது முன் செயற்பாங்கு செய்யப்பட்டு, மொழியியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தி ஒப்புருவுசார் மயக்கத்தை/தெளிவின்மைகளை அகற்றுவதற்காக ஒலியியல்சார் உருப்படுத்தம் செய்யப்படுகிறது. ஒரே எழுத்து அது நிகழும் நிலையைப் பொறுத்து வெவ்வேறு ஒலிகளைக் கொண்டிருக்கக்கூடும் என்பதால் ஒப்புருவுசார் மயக்கம்/தெளிவின்மை தமிழில் எழுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் உள்ள வல்லினம் எழுத்துக்கள் (க், ச், ட், த், ப், ற்,) ஒரு சொல்லுக்குள் நிகழும் நிலையின் அடிப்படையில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒலிகளைக் கொண்டுள்ளன. இந்த ஒலிபெயர்ப்பு உரையில் உள்ள ஒவ்வொரு வார்த்தையும் CVCV மாதிரியைப் பயன்படுத்தி அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலியன்களாகப் பிரிக்கப்படுகிறது.

ஒலியன்கள் அடையாளம் காணப்பட்டவுடன், ஒலியன்களுடன் தொடர்புடைய ஒலி கோப்புகள் ஒன்றிணைக்கப்பட்டு பேச்சு வெளியீட்டைக் கொடுக்கும் வகையில் வரிசைப்படுத்தப்படுகின்றன. தற்போது, இந்த முறையைப் பயன்படுத்தி தமிழ் பேச்சை உருவாக்க 4000 அசைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மேற்கண்ட உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறைகளில் ஒருசில விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளன.

7.3.1. பிலிப்ஸ் மற்றும் கூட்டாளிகளின் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம்

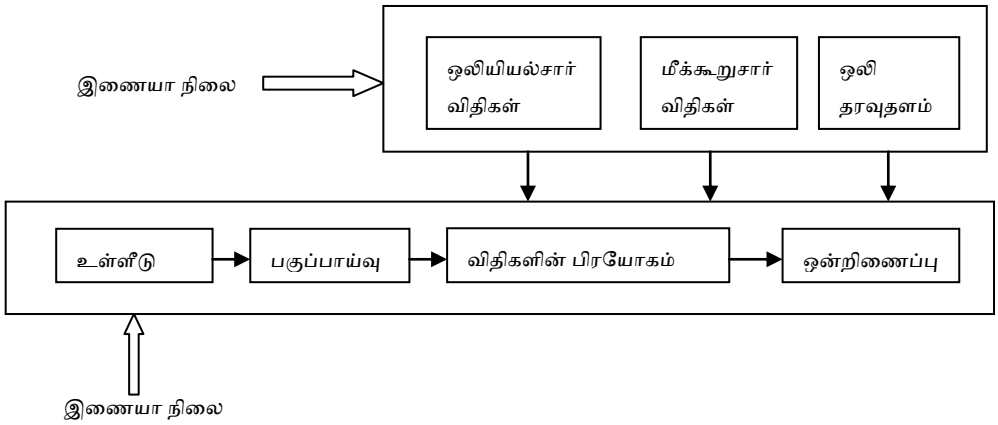
பிலிப்ஸ் மற்றும் பிறர் (Pilips et al 2005) 'உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம்' என்ற தமது தாம் உருவாக்கியுள்ள உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறையைப் பற்றி விளக்குகின்றனர்

7.3.1.1. முன்னுரை

. பொதுவாக உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் மூன்று வழிகளில் செய்யப்படுகின்றது; அவை ஃபர்மண்ட் அடிப்படை (formant based), அளவீடு அடிப்படை (parameter based), ஒன்றிணைப்பு அடிப்படை (concatenation based).

தற்போதைய உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறை இணைப்பாக்கம் அடிப்படையிலானதாகும். இணைப்பாக்கம் இரண்டு நிலைகளை உள்ளடக்கும்: இணையா நிலை (offline), இணை நிலை (online phase). இணையா நிலை அடிப்படை அலகு தெரிவு, மொழி விதிகளைக் கண்டறிதல் (ஒலியியல்சார் விதிகள் மற்றும் மீக்கூறுசார் விதிகள்) மற்றும் ஒலி தரவுத்தளத்தின் தெரிவு இவற்றை உட்படுத்தும். இணைநிலை உள்ளீட்டு உரையை அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரித்தல் மற்றும் தமிழ் மொழி விதிகளைப் பிரயோகித்த பின்னர் அவற்றை பேச்சாக மாற்றுதல் இவற்றை உட்படுத்தும். இந்த ஒழுங்குமுறை ஒரு இடுகுறித்தன்மையான உரைக்கோப்பை ஏற்றுகொண்டு பொருளடக்கங்களை எழுத்துக்களாகப் பகுத்து உரை ஆய்வின் நிலைகளுக்கும் பகுபாய்வுக்கும் (அதாவது அடிப்படை அலகுகளின் கண்டறிதலுக்கு), மொழி விதிகளின் பிரயோகத்திற்கும் இறுதியாக பேச்சு வெளியீட்டை உருவாக்க ஒன்றிணைப்புக்கும் உருவாக்கத்திற்கும் கடத்துகின்றது.

படம்: உரையிலிருந்து பேச்சு எந்திரத்தின் தொகுதிப் படம்



7.3.1.2. மொழி விதிகள் (Language Rules)

7.3.1.2.1. தமிழ் எழுத்துக்கள்

தற்காலத் தமிழ் எழுத்து முறை 12 உயிரெழுத்துக்கள், 18 மெய் எழுத்துக்கள், 216 உயிர்மெய் எழுத்துக்கள் (அதாவது 18 × 12 = 216) மற்றும் "ஆய்தம்" எனப்படும் ஒரு எழுத்து ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. உயிரெழுத்து பகுதிகள். தமிழில் 247 மொத்தம் எழுத்துக்கள் உள்ளன.

உயிர்கள்

உயிர்கள் அவற்றின் உச்சரிப்புகளுடன் கீழ்வருமாறு தரப்பட்டுள்ளது.

உயிர்கள்	**உச்சரிப்புகள்**
அ	A
ஆ	aa/A
இ	I
ஈ	ii/I
உ	U
ஊ	uu/U
எ	E
ஏ	ee/E
ஐ	ai
ஒ	O
ஓ	ao/O

ஔ au

மெய்கள் (Consonants)

மெய்கள் அவற்றின் உச்சரிப்புகளுடன் கீழ்வருமாறு தரப்பட்டுள்ளது.

மெய்கள்	**உச்சரிப்புகள்**
க்	K
ங்	ng
ச்	ch
ஞ்	nj
ட்	T
ண்	N
த்	th
ந்	nth
ப்	P
ம்	M
ய்	Y
ர்	R
ல்	L
வ்	V
ழ்	zh
ள்	L
ற்	tR
ன்	N

இந்த மெய்கள் மூன்றாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளன.

வல்லினம்: க், ச், ட், த், ப், ற்

மெல்லினம்: ங், ஞ், ண், ந், ம், ன்

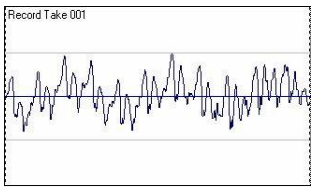
இடையினம்: ய், ர், ல், வ், ழ், ள்

ஆயுதம்: ஆயுத எழுத்து ஃ என்று எழுதப்படும்; h என்று உச்சரிக்கப்படும். இது தமிழில் குறைவான சொற்களிலேயே பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

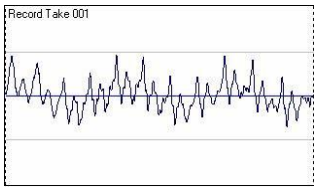
உயிர்மெய் எழுத்துக்கள்: 18 மெய் எழுத்துக்கள் 12 உயிர் எழுத்துக்களுடன் சேர்ந்து வருகையில் 18x12 = 216 உயிர்மெய் எழுத்துக்கள் விளைகின்றன.

7.3.1.2.2. தமிழ் ஒலியியல் சார் விதிகள் (Tamil phonetic rules)

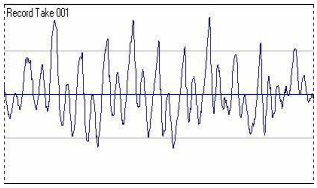
தமிழ் எழுத்துகள் தனித்தன்மையான ஒலிகளுள்ள வடிவங்களைக் கொண்டுள்ளன. சில எழுத்துக்கள் அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் வேறுபட்ட ஒலிகளைக் கொண்ட ஒரே வடிவைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே இந்த இடம் அடிப்படையிலான ஒலிப்பு வேறுபாடு விளக்கப்படவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக க என்ற எழுத்து அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் [ka], [ha], [ga] என்ற ஒலிப்பு வேறுபாடுகளைக் கொண்டுள்ளது.



க (ka)



க (ha)



க (ga)

தமிழ் வல்லின எழுத்துகள் க், ச், ட், த், ப், ற் என்பன அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் வேறுபட்டு ஒலிக்கும்.

இயல்பு ஒலி (Normal sound): வல்லின மெய்களின் முன் அவைகளே வரும்போதும் மற்றும் சொல்லின் தொடக்கத்திலும் மாற்றமின்றி இயல்பு ஒலிகளாக (குரலிலா ஒலிகளாக/voiceless sounds) வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு
க	ka
ச	cha
ட	ta
த	tha
ப	pa
ற	tRa

கடின ஒலிகள் (Hard Sounds): வல்லின மெய்கள் முன் மெல்லினங்கள் ங், ஞ், ண், ந், ம், ன் வருகையில் அவை கடின ஒலிகளாக (குரல் ஒலிகளாக/voiced sounds) வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு	முன்னர் வரும் ஒலி
க	ga	ங்
ச	cha	ஞ்
ட	da	ண்
த	dha	ந்
ப	bha	ம், ன், ண்
ற	dRa	ன்

மெல் ஒலி (Soft Sound): மெல் ஒலி சொல்லின் மத்தியில் அவற்றின் மெய்கள் முன்னர் வராத நிலையில் வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு
க	ha
ச	sa
ட	da
த	dha
ப	bha
ற	Ra

7.3.1.2.3. தமிழ் மீக்கூறு விதிகள் (Tamil Prosodic rules)

மீக்கூறு என்பது வெளிப்பாட்டிற்கு பயன்படுத்தப்படுகிற ஒரு பௌதிக ஒலியனியல்சார் விளைவு ஆகும். இந்த இயற்கையான ஒலி உரையை உருவாக்க பயன்படுகிறது. மீக்கூறு முறையான புலணர்வைக் கொண்டுள்ளது; மற்றும் இடைநிறுத்தங்கள், இசைமை, காலம் மற்றும் சத்தத்தின் அடிப்படையில் பேச்சாளரின் நோக்கங்களை மீட்டெடுப்பதையும் கொண்டுள்ளது. பேச்சு சமிக்ஞையின் மிக வெளிப்படையான பகுதியாக இசைமை ஆகும். மக்கள் தங்கள் இசைமை மாறுபாடுகள் மூலம் தங்கள் உணர்ச்சிகளை வெளிப்படுத்த முயற்சிக்கிறார்கள். எனவே இயற்கையான ஒலி பேச்சைப் பெற இசைமை மற்றும் கால அளவு பற்றிய விரிவான பகுப்பாய்வு செய்யப்பட வேண்டும். இது பல மறு செய்கைகளுடன் கூடிய மிகவும் கடினமான பணி என்பதால், இந்த

செயல்பாட்டின் ஒவ்வொரு அலகின் காலமும் மட்டுமே கருதப்பட்டுள்ளது. தேவைப்படும்போது சரியான அளவு ம silence னத்தை செருகுவதும் ஒரு முக்கியமான பணியாகும். நிறுத்தற்குறி/முழுப்புள்ளி (full-stop), கால்புள்ளி (coma), அரைப்புள்ளி (semicolon), முக்காற்புள்ளி (colon) போன்ற இடங்களில் அறிமுகப்படுத்தப்பட வேண்டிய மாறுபாடுகள் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது.

7.3.1.3. நடைமுறைப் படுத்துதல்/செயல்படுத்துதல் (Implementation)

இணையா (ஆஃப்லைன்) கட்டம், இணை (ஆன்லைன்) கட்டம் மற்றும் பயனர் இடைமுகத்தின் உருவாக்கம் இவற்றை உள்ளடக்கிய உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தை செயல்படுத்துவது இந்த பிரிவில் விவரிக்கப்படுகிறது.

7.3.1.3.1. இணையாக் (ஆஃப்லைன்) கட்டம்

கணினியின் இணையா (ஆஃப்லைன்) செயல்பாட்டில் அடிப்படை அலகுகளைத் தேர்ந்தெடுப்பது மற்றும் ஒலி தரவுத்தளம் உருவாக்குவது ஆகியவை அடங்கும்

அடிப்படை அலகின் தெரிவு (Selection of basic unit)

அடிப்படை அலகுகளின் தொகுப்பில் தமிழில் உள்ள அனைத்து ஒலிகளும் / சொற்களும் இருக்க வேண்டும். பேச்சின் இந்த அலகு அசைகள், ஒலியன்கள், ஈரொலிகள், சொற்கள், சொற்றொடர்கள் அல்லது வாக்கியங்களாக இருக்கலாம். இவற்றில் மிக நீளமான அலகு வாக்கியம் ஆகும்; மற்றும் குறுகிய அலகு ஒலியன்/ஈரொலி ஆகும்.

நாம் வாக்கியத்தை (sentence) அடிப்படை அலகு எனத் தேர்வுசெய்தால், ஒன்றிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருக்கும். எனவே தரம் அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் அலகுகளின் எண்ணிக்கை எல்லையற்றதாக இருக்கும், அது இருக்கும் எந்தவொரு ஸ்கிரிப்டுடனும் வேலை செய்ய அத்தகைய அமைப்பை வடிவமைக்க இயலாது.

Diphone

நாம் ஒலியனை (phoneme) அடிப்படை அலகு எனத் தெரிவுசெய்தால், ஒன்றிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்கும். எனவே தரம் குறைவாக இருக்கும். இருப்பினும், தரவுத்தளத்தின் அளவும் ஒரு முக்கியமான கருத்தில் கொள்ள வேண்டிய காரணி ஆகும்.

அசை (syllable) அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டால், அசை வெவ்வேறு இடங்களில் வரும்போது அவை ஒவ்வொன்றின் ஒலி மாறுபாடுகளையும் செயல்படுத்த வேண்டும்; அது சாத்தியமில்லை; ஏனென்றால் ஒரு அசை தமிழ் எழுத்துக்களை மட்டுமே கொண்டுள்ளது.

ஈரொலிகள் (டிஃபோன்/diphone) என்பது இரண்டு அருகிலுள்ள இரண்டு அசைகளுக்கு நடுவில் தோன்றும் ஒலி ஆகும். என்றால் இது அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டால் ஒன்றிணைப்பு உருக்குலைவு குறைவாக இருக்கும். ஆனால் தரவுத்தளத்தில் சேமிக்க வேண்டிய அலகுகள் எண்ணிக்கை அதிகம் ஆகும்; ஏனென்றால் ஒவ்வொரு அருகிலுள்ள அசைகளின் ஒலிகளை சேமிக்க வேண்டியது அவசியம் ஆகும்.

இந்த உண்மைகள் அனைத்தையும் பரிசீலித்தபின், ஒலியன் இதற்கான அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு மொழியின் அடிப்படை ஒலி அலகு ஆகும். ஆங்கிலத்தைப் பொறுத்தவரை, 26 எழுத்துக்கள் உள்ளன; ஆனால் ஆங்கிலத்தில் நிறைய மயக்கங்கள்/தெளிவற்ற தன்மைகள் உள்ளன. தமிழில் மிகவும் குறைவான மயக்கமே/தெளிவின்மை உள்ளது அவற்றில் மிகவும் தனித்துவமான உச்சரிப்புகளுடன் 247 உள்ளன உள்ளன என்பதே உண்மை. தி பல்வேறு எழுத்துகள் தமிழில் சுமார் 343 ஒலியன்களின் பெரிய பட்டியலை உருவாக்குகின்றன, இது தமிழ் பேச்சுக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.

ஒலி தரவுத்தளத்தை உருவாக்குதல் (Creation of sound database)

ஒலியன்கள் அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டதால், எல்லா ஒலியன்களும் பதிவு செய்யப்பட்டு தரவுத்தளத்தில் சேமிக்கப்படுகிறது. ஒலி தரவுத்தளத்தின் தரம் ஒரு முக்கியமான காரணியாகும் உரையிலிருந்து பேச்சைப் பொருத்தவரையில் வெளியீட்டின் தரம் முக்கியமானதாகும்.

பேச்சைப் பதிவுசெய்யும்போது, குறைந்தது 8 கிலோஹெர்ட்ஸ் பதமாதிரி (sampling) வீதமும் 8-பிட்டும் பதமாதிரியும் இருக்க வேண்டும். இது மோசமான தரமான பேச்சை உருவாக்குகிறது, ஆனால் அதைப் புரிந்து கொள்ள முடியும். தரத்தை மாதிரியில் உள்ள பிட்களின் எண்ணிக்கையை 12 பிட்கள் அல்லது 16 பிட்களாக அதிகரிப்பதன் மூலம் மேம்படுத்தலாம். டிஜிட்டலாக்க நிலைகளை அதிகரிப்பது ஒலி அடையாளக்குறியை சத்த விகிதத்திற்கு அதிகரிக்கும். பதமாதிரி விகிததை 8 kHz க்கு மேல், அதாவது 10 kHz, 16 kHz அல்லது 20 kHz வரை அதிகரிப்பது அதிர்வெண் உள்ளடக்கத்தை மேம்படுத்துகிறது. அதிக பதமாதிரி அதிர்வெண் அதிக தரத்தைத் தரும். உயர்தரப் பேச்சு பதிவுக்குக்கும் திரும்பி கேட்பதற்கும் 16 கிலோஹெர்ட்ஸ் பதமாதிரி வீதம் நியாமானதாகும்.

ஒலி தரவுத்தளத்தை செயல்படுத்துவது 4 கட்டங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

1. ஒலிகளைப் பதிவுசெய்தல் (Recording sounds): ஒலிகளைப் பதிவு செய்வது ஒரு இயல்பு தமிழ்மொழி பேசுபவரைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்டது. 30-16000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண் பதில் கொண்ட மைக்ரோஃபோன் மூலம் சத்தம் இல்லாத அறையில் இது

செய்யப்பட்டது. 16 பிட்கள் பதமாதிரி அளவுடனும் 8 kHz பதமாதிரி அதிர்வெண்ணுடனும் பதிவு செய்யப்பட்டது. பதமாதிரி அதிர்வெண் சிறியது என்றாலும் புரிந்துகொள்ளக்கூடிய குரல் வெளியீட்டை உருவாக்க இது போதுமானதாக இருந்தது.

2. ஒலியன்களைப் பிரித்தெடுத்தல் (Extracting phonemes): பதிவுசெய்யப்பட்ட ஒலி கோப்பு அனைத்து அலகுகளும் (உயிரெழுத்துகள், மெய் மற்றும் மெய்-உயிர் பிரிவுகள்) தொடர்ச்சியான கோப்பாகும். ஒவ்வொரு ஒலியனுக்கும் பொருந்தும் பகுதி இந்த கோப்பிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு ஒரு தனி *.wav கோப்பாக சேமிக்கப்பட்டது. இது ஒலி எடிட்டிங் மென்பொருளான “Sound Forge”ஐப் பயன்படுத்தி செய்யப்பட்டது.

3. இசைமை குறித்தல் (Pitch marking): இதன் பொருள் ஒவ்வொரு ஒலியனின் உண்மையான தொடக்க மற்றும் இறுதி புள்ளியைக் கண்டறிதல் ஆகும். இசைமை குறித்தல்களில் அலைவடிவங்கள் ஒன்றிணைக்கப்படுவதால் இது அவசியம் ஆகும். எனவே ஒவ்வொரு ஒலியனின் தொடக்கமும் முடிவும் கவனமாகக் கேட்பதன் மூலமும் கண்டறியப்பட்டது மற்றும் அந்த இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள பகுதி தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு ஒரு தனி *.wav கோப்பாக சேமிக்கப்பட்டது. அதன்பிறகு தி ஒவ்வொரு ஒலியனின் உண்மையான கால அளவும் “சோதனை மற்றும் பிழை” (“trial and error”) மூலம் தீர்மானிக்கப்பட்டது.

4. ஒலி கோப்புகளைத் திருத்துதல் (Editing sound files): இசைமை குறிக்கப்பட்ட ஒலி கோப்புகள் பெரும்பாலான சந்தர்ப்பங்களில் ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய தரத்தில் இருபதில்லை. எனவே இணைத்தால் அவை ஒரு நல்ல தரமான வெளியீட்டை உருவாக்கும்படி அவற்றின் தரத்தை மேம்படுத்த திருத்த வேண்டும். இந்த கட்டத்தின் போது சத்தம் குறைப்பு வசதிகள் உள்ள “சவுண்ட் ஃபோர்ஜ்” என்பதும் பயன்படுத்தப்பட்டது.

7.3.1.3.2. இணைப்புக் (ஆன்லைன்) கட்டம்

இணைப்பு/ஆன்லைன் கட்டத்தில் நிரல் இருக்கும் போது பின்னணியில் மேற்கொள்ளப்படும் பணிகள் அடங்கும் இயங்குகிறது. இது மூன்று முக்கியமான கட்டங்களை உள்ளடக்கியது, அதாவது உரை பகுப்பாய்வு மற்றும் பாகுபடுத்தல் (text analysis & parsing), மொழி விதிகளின் பிரயோகம் மற்றும் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் உருவாக்க மொழி அலகுகளின் ஒருங்கிணைப்பு என்பன.

உரை பகுப்பாய்வு மற்றும் பாகுப்பாய்வு: இந்த கட்டம் உள்ளீட்டு உரையை பகுப்பாய்வு செய்து ஒற்றை கிளிஃபைக் எழுத்துக்கள், இரட்டை கிளிஃப் எழுத்துக்கள் மற்றும் மூன்று கிளிஃப் எழுத்துக்கள் காண்டுபிடிக்கின்றது. பின்னர் அது உள்ளீட்டு உரையைப் பேச்சின் அடிப்படை அலகுகளின் வரிசையாகப் பிரிக்கின்றது.

மொழி விதியின் பிரயோகம்/பயன்பாடு: உள்ளீட்டு உரையை அதன் அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரித்த பிறகு, தரவுத்தளத்திலிருந்து சரியான ஒலியனைப் பிரித்தெடுக்க மொழி விதிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த கட்டத்தில் இயற்கையான ஒலிப்புப் பேச்சை ஒருங்கிணைப்பதற்காக/உருவாக்குவதற்காக மொழி திட்டவட்டமான ஒலிப்பு விதிகள் இணைத்துக்கொள்ளப்பட்டன.

ஒன்றிணைப்பு: இறுதி கட்டத்தின் போது, சரியான வரிசையில் அடிப்படை அலகுகளின் அலைவடிவங்களின் ஒன்றிணைப்பு தேவையான ஒலி அலைவடிவத்தை உருவாக்க மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. அடிப்படை அலகுகளின் அலை வடிவங்கள் தரவுத்தளத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு ஒன்றிணைக்கப்படுகின்றன.

7.3.1.3.3. பயனர் இடைமுகம் (User Interface)

விஷுவல் பேசிக் 6.0-ஐப் பயன்படுத்தி ஒரு எளிய வரைகலை பயனர் இடைமுகம் graphical user interface (GUI) உரையிலிருந்து பேசு இயந்திரம் உருவாக்கப்பட்டது. இடைமுகம் தமிழில் உரையை உள்ளிட உரைப் பெட்டியையும் பேச்சு ஒலியை இயக்க பொத்தானையும் கொண்டுள்ளது. உள்ளீட்டு உரை தமிழ் வார்த்தையாகவோ ஒரு எண்ணாகவோ வாக்கியமாகவோ இருக்கலாம். உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றத்தை உருவாக்க உள்ளிடப்பட்ட உரையை சேமித்துவைக்க அல்லது முன் சேமித்துவைத்த உரையைத் திறக்க ஒரு விருப்பத்தை இடைமுகம் பயனருக்கு வழங்குகிறது. “TSC_Avarangal” என்ற தமிழ் எழுத்துரு பயனர் இடைமுகத்தின் உருவாக்கத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டது. “eKalappai 1.0” என்ற மென்பொருள் தமிழ் உரையை உள்ளீடு செய்ய பயன்படுத்தப்பட்டது.

இதைப்பற்றி பின்வருமாறு முடிவுரை தரப்பட்டுள்ளது:

எந்தவொரு தன்னிச்சையான தமிழ் உரையையும் பேச்சுக் கூற்றாக மாற்றக்கூடிய ஒரு உரையிலிருந்து பேசு மாற்று இயந்திரத்தை தமிழ் மொழிக்கு வெற்றிகரமாக உருவாக இயலும் என்பதை இந்தச் செயல்பாடு காட்டுகிறது. தமிழ் மொழியின் அடிப்படை அலகுகளாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட 343 ஒலியன்களால் உருவாக்கப்பட்ட இயந்திரத்தின் பின்தளம் ஒழுங்கமைப்பின் இதயமாக செயல்படுகிறது. “Sound Forge” என்ற ஒலி எடிட்டிங் மென்பொருள் ஒலியன்களை சரியான இசைமையுடன் தயாரிக்கும் போது பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒலியன்களைப் பதிவுசெய்ய 8 kHzஐ விட சிறந்த பதமாதிரி வேகத்தைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் ஒலி வெளியீட்டின் தரம் மேலும் அதிகரிக்க முடியும். உருவாக்கப்பட்ட உரையிலிருந்து-பேச்சு இயந்திரம் கொடுக்கப்பட்ட உரையை அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரிப்பது, சரியான ஒலியன்களைப் பிரித்தெடுப்பது, தரவுத்தளத்துடன் பொருந்துவது மற்றும் தேவையான ஒலி அலைவடிவத்தை உருவாக்குவதற்காகச் சரியான

வரிசையில் அடிப்படை அலகு அலைவடிவங்களை ஒன்றிணைப்பது என்பனவற்றை வெற்றிகரமாகச் செய்தது. என்ஜினின் முன் இறுதியில் விஷுவல் பேசிக் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட ஒரு வரைகலை பயனர்கள் இடைமுகம் ஆகும். இது பயனர்கள் தமிழ் உரையை எழுத்துக்களில் அல்லது எண்களில் உள்ளிட அனுமதிக்கிறது. இந்த இடைமுகம் பயனர்களை உரையை பின்னர் சேமித்து மீண்டும் இயக்க அனுமதிக்கிறது. பயனர் இடைமுகத்தை உருவாக்க எழுத்துருவாக "TSC_Avarangal" தமிழ் எழுத்துரு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது.

இந்த ஆய்வில் சரியான ஒன்றிணைப்பிற்காக அடிப்படை ஒலி அலகின் ஒலிப்பு காலத்தைச் சரிசெய்ய முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டது. இருப்பினும், வெளியீட்டை இயற்கையான பேச்சுக்கு நெருக்கமாக மாற்றுவதற்கான இசைமையைச் சரிசெய்தல் மூலம் மேலும் மேம்பாடுகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

7.3.2. உதயகுமார் மற்றும் கூட்டாளிகளின் தமிழிற்கான எழுத்திலிருந்து ஒலியனாக மாற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக் கற்றல் (Decision Tree Learning for Automatic Grapheme to Phoneme Conversion for Tamil)

7.3.2.1. முன்னுரை

'தமிழிற்கான எழுத்திலிருந்து ஒலியனாக மாற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக் கற்றல்' உதயகுமாரும் கூட்டாளிகளும் (Udhyakumar et la 2004) தீர்மானக் கிளையமைப்பு கற்றலைப் பயன்படுத்தி தமிழ் எழுத்தை ஒலியனாக ஒரு புதிய அணுகுமுறையை விளக்குகின்றனர். முன்மொழியப்பட்ட இந்த அணுகுமுறை, விதி அடிப்படையிலான அண்குமுறை போலன்றி பரந்த அளவிலான சூழல் விதிகளை உருவாக்க முடியும்; இதனால் மாற்றத்திற்குச் சிறந்த துல்லியத்தைத் தரும்.

எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Grapheme to phoneme conversion) உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற அமைப்புக்கும் பேச்சு அறிதல் அமைப்புக்கும் முக்கியமானது ஆகும். மொழியியலாளர்களால் தயாரிக்கப்பட்ட அகராதிகள் மிகவும் நம்பகமான ஆதாரமாக இருந்தாலும், அவை எந்த மொழியிலும் உள்ள சொற்களின் முழுமையான பட்டியலை உட்படுத்த முடியாததால் அவை ஒருபோதும் முழுமையானவை அல்ல. ஒரு விரிவான அகராதி நிறைய சேமிப்பு இடத்தையும் பயன்படுத்துகிறது. இது பேச்சு தொழில்நுட்பங்களை மாறும் சொல்லகராதி சூழல்களுக்கு பயன்படுத்துவதை கட்டுப்படுத்துகிறது. எனவே எழுத்து வடிவத்திலிருந்து உச்சரிப்பைக் கணிக்கும் மாற்று நடைமுறை அவசியம் ஆகும்.

தானியக்கமாக எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றுவதற்கான பல அணுகுமுறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒலிப்பு மொழிகளால் ஈர்க்கப்பட்டு, எழுத்தை ஒலியனாக

மாற்றுவது பொதுவாக ஒரு குழும விதிகளால் மேற்கொள்ளப்படுகிறது. அவைகளை உருவாக்க நிறைய நிபுணத்துவம் தேவைப்படுகிறது மற்றும் சில நேரங்களில் விதி குறுக்கீடு மற்றும் மிகையைச் சரிபார்க்க கடினமாக உள்ளது. ஆங்கிலம், பிரஞ்சு மற்றும் ஜெர்மன் போன்ற பல மொழிகளில் எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றும் விதிகளுக்கு புள்ளிவிவர மாதிரியமைத்தல் (Statistical modeling) வெற்றிகரமாக பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றுவதற்கு நரம்பியல் வலைப்பின்னலின் (neural networks) பயன்பாடு ஆராயப்படுகிறது. இந்த அணுகுமுறைகள் விதி எழுதும் நேரத்தைத் தவிர்க்கும்; எனவே பயிற்சிச் செயல்முறையையை முழுவதும் தானியக்கமாகச் செய்ய இயலும். எழுத்திலிருந்து ஒலியன் பொருத்தத்திற்கான ஒரு தீர்மானக் கிளை சார்ந்த தானியங்கி இக்கட்டுரையில் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. இதன் முக்கிய நோக்கம், தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் மற்றும் பேச்சு அறிதல் (பேசிலிருந்து உரைக்கு மாற்றம்) ஆகிய பயன்பாடுகளுக்காக தீர்மானக் கிளை அணுகுமுறையைப் பயன்படுத்தி ஒரு தானியங்கி ஒழுங்குமுறைய உருவாக்குவது ஆகும்.

பிற இந்திய மொழிகளைப் போலவே தமிழும் எழுத்துக்கும் ஒலியனுக்கும் இடையில் கிட்டத்தட்ட ஒன்றுக்கு பொருத்தத்தைக் காட்டுகின்றது. இருப்பினும் நேரடியான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் பொருத்தம் சாத்தியம் இல்லை; ஏனென்றால் தமிழ் எழுதுக்கள் சில சூழல்களில் வேறுபட்ட ஒலியை உருவாக்கும். எடுத்துக்காட்டாக க் என்பது கடல் என்பதில் k எனவும் தங்கம் என்பதில் g எனவும் பகல் என்பதில் h எனவும் உச்சரிக்கப்படும். தமிழில் உருபனியல் மற்றும் ஒலியியல் ஆய்வுகள் இந்த வேறுபாடுகள் சில சிக்கலான மொழிச் சீர்மைகளைப் (complex language regularities) பின்பற்றி அமைகின்றன என நிரூபிக்கின்றன. இந்த சீரான தன்மை தீர்மான கிளையமைப்புகள் போன்ற (decision trees) தரவு-இயக்க நுட்பங்களைப் (data-driven technique) பயன்படுத்தத் தூண்டுகிறது. கிளையமைபுகள் மனித முயற்சியால் ஒலிபெயர்ப்பு செய்யப்பட்ட மிகப் பெரிய அகராதியால் பயிற்சி செய்யப்படவேண்டும். தமிழுக்கு அத்தகைய உச்சரிப்பு அகராதி இல்லை. எனவே உச்சரிப்பு அகராதியை உருவாக்க விதி அடிப்படையிலான ஒழுங்குமுறை இங்கு பயன்படுத்தப் படுகின்றது; இது பின்னர் கையால் திருத்தப்படும்.

கட்டுரை பின்வருமாறு அமையும். பிரிவு 1 அறிமுகம் ஆகும்; பிரிவு 2 தமிழ் எழுத்துமுறை ஒலியன் தொகுப்பு பற்றி விவரிக்கிறது. விதி அடிப்படையிலான மற்றும் தீர்மான கிளையமைப்பு அணுகுமுறைகள் பிரிவு 3 மற்றும் 4இல் முறையே விளக்கப்பட்டுள்ளது. பிரிவு 5 தீர்மானக் கிளையமப்பை பயன்படுத்தி தானியமாக எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றுவதன் முடிவுகளை வழங்குகிறது. இறுதி பிரிவு 6 முடிவுரையாகும்.

7.3.2.2. தமிழ் எழுத்துமுறையும் ஒலித் தொகுதியும்

தமிழ் எழுத்து முறை 12 உயிரெழுத்துக்களைக்களையும் 18 மெய் எழுத்துக்களையும் கொண்டுள்ளது. மெய் எழுத்துக்கள் தனித்தனியாக உயிரெழுத்துக்களுடன் இணைந்து உயிர்மெய் என்ற 216 கூடுதல் எழுத்துக்களின் புதிய தொகுப்பை உருவாக்கும். ஃ என்ற எழுத்துக்கு ஆயுதம் என்ற தனித்துவமான பெயர் உண்டு. தமிழ் ஒலிகள் 43 ஒலியன்களாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அட்டவணை 1 தமிழ் ஒலியன் குழுமத்தின் விவரங்களை அளிக்கிறது.

எழுத்து	ஒலி	எடுத்துக்காட்டு
அ	ax	அம்மா
ஆ	aa	ஆடு
இ	ih	இலை
ஈ	iy	ஈகை
உ	uh	உணவு
	U	
ஊ	uw	தப்பு
எ	ae	எட்டு
ஏ	ey	ஏணி
ஒ	ao	ஒன்று
ஓ	ow	ஓம்
ஒள	aw	ஒள
ஷ்	sh	விஷம்
ஜ்	jh	ஜாதி
க்	k	கல்வி
	g	பங்கு
	hh	பகல்
ங்	ng	தங்கம்
ச்	ch	காட்சி
	s	சங்கு
ஞ்	ny	ஞானம்
ட்	t	அட்டை
	d	வண்டி

ண்	nn	கண்
	tx	தட்டு
	dh	பந்தம்
	T	மதி
ந்	nd	பந்து
	n	நான்
ப்	p	பாடம்
	b	அம்பு
	P	லாபம்
ம்	m	கரும்பு
ய்	y	யமுனை
ர்	r	மரம்
ல்	l	மாலை
வ்	v	வயது
ழ்	lzh	பழம்
ள்	ll	உள்ளம்
ற்	tr	ஒற்றன்
	dr	கன்று
	rr	அறம்
ன்	n	அன்னை

7.3.2.3. விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Rule-based Grapheme to phoneme conversion)

அட்டவணை 1இல் உள்ள எடுத்துக்காட்டுகளிலிருந்து தமிழ் எழுத்துக்களுக்கும் ஒலியன்களுக்கும் இடையே ஒன்றுக்கு ஒன்று ஒரு சிறிய வரைபடம் இல்லை அது தெளிவாகிறது.. இருப்பினும், பெரும்பாலான நேர்வுகளில் இந்த மாறுபாடுகள் சூழலின் அடிப்படையில் குறியத்திறவு செய்யப்படலாம். எனவே வலுவுள்ள சூழல் சார் விதிகள் உச்சரிப்பைத் துல்லியமாக கணிக்க வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. விதிகள் பார்வை, சூழல் மற்றும் இலக்கு ஒலியன் குறித்த குறிப்பிட்ட மரபுகளைக் கொண்டுள்ளன. எ.கா. விதி மூச்சொலி k (*) ⇒ g என்பது k முன்னர் மூச்சொலியும் (எ.கா. ng (ங்)) வேறு ஏது ஒலியாலும் தொடர்ப்படுகையில் பங்கு என்பதில் உள்ளது போல் g ஆக மாறும். எந்த வல்லுநர்

அமைப்போலவும் எல்லாத் தொடர்புடைய நேர்வுகளை எதிர்பார்ப்பது கடினமாகும். எடுத்துக்காட்டாக கிராமம் என்பதில் உள்ள k என்பது மூக்கொலி முன் வராமலேயே g என உச்சரிக்கப்படும். இதுபோன்று பந்தம் என்பதிலுள்ள p என்பது மூக்கொலி முன் வராமலேயே b என உச்சரிக்கப்படும். இந்த விதிவிலக்குகள் தனியாக விதிவிலக்கு அகராதியில் சேகரிக்கப்படவேண்டும். பொதுவாக விதிவிலக்கு அகராதிக்கும் விதிகளின் கலவைத்தன்மைக்கும் இடையில் ஈடுகட்டல் இருக்கும். இது எழுத்திலுருந்து ஒலியன் பொருத்தம் மிகச் சிக்கலானது என்பதை நிரூபிக்கும்; இது தீர்மான கிளையமைப்பு போன்ற எந்திரம் கற்றல் வழிமுறைகளுக்கு (machine learning algorithms) இந்த புலத்தைக் கவர்சிகரமாய் ஆக்குகின்றது.

7.3.2. 4. தீர்மானக் கிளையமைப்பு அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Decision tree based Grapheme to phoneme conversion)

அண்டை ஒலிகளின் இயல்பு அடிப்படையில் ஒரு ஒலியனின் ஒலியியல் மாறுபாடுகளைக் கண்டுபிடிக்க தீர்மான கிளையமைப்புகள் பயன்படுத்தப்படலாம். இதை எழுத்து வடிவில் அடுத்துவருகிற எழுதுகளுக்கு ஏற்ப விளக்கலாம்; இதையொட்டி இந்த ஒழுங்குமுறை எழுத்துகளை ஒலிபெயர்ப்பை உருவாக்க இந்த ஒலியியல் வேறுபாடுகளை பயன்படுத்த இயலும்.

தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் விதிகளையும் முனைகளையும் கொண்ட கணுக்களைக் கொண்டிருக்கும்; அவை இலக்கு வகுப்புகளுடன் புலக்குறிப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கணுக்களிலும் ஒரு தீர்மான அடிப்படை பொருளை இடது அல்லது வலது துணைக் கிளையமைப்புக்கு ஒதுக்கும். பொருள் ஒரு இலையை அடையும் போது, இந்த இலையின் வகுப்பு புலக்குறிப்பு குறிப்பிட்ட எழுதுப்பெயர்ப்புக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

7.3.2.4.1. வரிசைப்படுத்தும் செயல்முறை

பயிற்சிக்கு முன், ஒவ்வொரு எழுத்தும் அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலியுடன் வரிசைப்படுத்தப்படவேண்டும். தமிழில் எழுத்துக்களுக்கும் ஒலிகளுக்கும் இடையே உள்ள வலுவான உறவு காரணமாக, சிக்கலான வரிசைப்படுத்தும் நடைமுறைகள் தேவையில்லை. தமிழில் எழுத்துக் கோர்வைகள் ஒலி வரிசைகளுக்குச் சமமாகவோ அதைவிட நீளமாகவோ இருக்கும். ஒலி வரிசைகளுடன் ஒன்றுக்கொன்றான வரிசைப் பொருத்தத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டி) பொருத்தமான இடங்களில் ஒலியனியல்சார் எப்சிலோன்கள் (பூஜ்யங்கள் செருகப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக *சென்னை* என்பதிலுள்ள எழுத்து ச் /ch/ எனவோ /s/ எனவோ உச்சரிக்கப்படலாம். நாம் ஒலிக் குழுமத்தில் /ch*s/ என்ற புதிய நுழைவைச்

சேர்ப்பதன் மூலம் இந்த நேர்வைச் சமாளிக்கலாம். தொடர்புடைய ஒலியுடன் பொருத்த அனுமதிக்கப்பட்ட ஒலிகளின் தொகுப்பு ஒவ்வொரு எழுத்துக்கும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

7.3.2.4.2. தீர்மானக் கிளையமைப்புகளின் பயிற்சி (Training of decision trees)

அடிப்படை தீர்மானக் கிளையமைப்பு ஆம்-இல்லை என்ற கேள்விகளின் தொகுப்பையும் மற்றும் வேரிலிருந்து கிளையமைப்பை வளர்க்க ஒவ்வொரு கணுப் பிளவிலும் தகவல் ஆதாயத்தை அதிகரிக்க சிறந்த கேள்வியைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்கான நடைமுறையையும் கொண்டுள்ளது. இந்த தகவல் என்ட்ரோபி என அளவிடப்பட வேண்டும் (சமன்பாடு 1). தகவல் அதிகரிக்கும் வரையும் - என்ட்ரோபியில் குறையும் வரையும் ஒரு தொடக்க நிலையிலிருந்து விழும் வரைபிளவு தொடர்கிறது (சமன்பாடு 2).

7.3.2.4.3. தீர்மானக்களுக்கான கேள்விகள் (Questions for decision trees)

எழுத்திலிருந்து ஒலி மாற்றத்திற்கான அடிப்படை ஆம்-இல்லை கேள்வி பின்வருமாறு அமையும்: “முதல் இடது எழுத்து ‘m’ என்பதா?”. தமிழில் எழுத்துக்களுக்கான கேள்விகள் ஒலிகளுக்கான கேள்விகளை மிகவும் ஒத்திருப்பதால் அவை சேர்க்கப்படவில்லை. கேள்வி நிலைகளின் வீச்சு நீண்ட தூர ஒலியனியல் மாறுபாடுகளை உட்படுத்தப் போதுமானதாக இருக்க வேண்டும். 5 எழுத்து சாளரம் (இடது சூழலுக்கு 2 மற்றும் வலது சூழலுக்கு 2) பொதுவாக போதுமானது என்று கண்டறியப்பட்டுள்ளது. ஒரு பழமையான தொகுப்பு என்பது அனைத்து சிங்கிள்டன் கேள்விகளின் (ஒற்றை எழுத்து/நெடுங்கணக்கு பற்றிய கேள்வி) தொகுப்பாக (set) இருக்கும். எளிமையான கேள்விகளை மட்டுமே அனுமதிப்பதில் ஒரு சிக்கல் இதன் விளைவாக வெவ்வேறு இடங்களில் ஒரே இலைகள் விளையும் படி தரவு அதிகமாகத் துண்டு படுத்தப்படலாம். வெவ்வேறு கணுக்களில் தரவைப் பிரிப்பது மிகை/தேவையற்ற கொத்துகளுக்கும் குறைக்கப்பட்ட பயிற்சிக்கும் குறைந்த துல்லியம் என்ட்ரோபி குறைப்புக்கும் வழிவகுக்கும்.

ஒலிப்புடன் தொடர்புடைய கேள்விகளுடன் "இடது எழுத்து ஒரு மூக்கொலியா?" போன்ற சிக்கலான கேள்வி கணுவை ஒரு அனுமதித்தால் கிளையமைப்பின் ஆழம் பெரிதும் குறைக்கப்பட்டு செயல்திறன் மேம்படுத்தப்படும் என்பது உற்றுநோக்கப்பட்டது. சிக்கலான கேள்விகள் தீர்மான கிளையமைப்பு வழிமுறை பேராசை தன்மையால் ஏற்படும் தரவை துண்டுபடுத்தும் சிக்கலைத் தணிக்கும். உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள், மூக்கொலொகள், அடைப்பொலிகள், உடன்படுத்திகள் மற்றும் வளைநா ஒலிகள் ஆகியவை ஒலிக் கொத்துகளின் சில கலப்பு கேள்விகளை உருவாக்க பயன்படுகிறது.

7.3.2.4.4. ஒலி வரிசைகளின் உருவாக்கம் Generation of phone sequences

தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் பயிற்சி பெற்ற பிறகு, சொற்றொகையில் உள்ள சொற்களுக்கான ஒலி வரிசைகளை உருவாக்குவதற்கு அவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். ஒவ்வொரு வார்த்தைக்கும், ஒரே நேரத்தி சொல்லின் இடமிருந்து வலமாகச் செல்வதன் மூலம் ஒரு ஒலியன் வரிசை உருவாக்கப்படுகிறது. சூழல் தகவல் அடிப்படையில் வேர் கணுவிலிருந்து தொடங்கி கிளையமைப்பு கடந்துசெல்லப்படுகிறது. ஒரு இலையை அடைகிறது வரை நிரல் (program) கிளையமைப்பு வழியாகச் செல்கிறது; இலையை அடையாளம் காணுதல் தற்போதைய எழுத்தின் ஒலிபெயர்ப்பாகும். பின்னர் செயல்முறை இதேபோன்று அடுத்த எழுத்துக்கு நகர்கிறது. ஒரு வேளை போலி ஒலியனாக இருந்தால் இறுதி ஒலிபெயர்ப்பை அடைய மாற்று உச்சரிப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றது. எ.கா. சென்னை /ch*s ae n h ax y / என்பது /ch ae n h ax y / மற்றும் / s ae n h ax y / ஆக விரிவாக்கப்படுகிறது.

7.3.2.5. சோதனைகள்

சோதனைகளுக்கு EMILLE விரிதரவு/தரவுத்தொகுதி (corpus) பயன்படுத்தப்பட்டது. இந்த தரவுத்தொகுதி யூனிகோடால் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளது மற்றும் மென்பொருளால் எளிதாக கையாளப்படுவதற்காக ஆஸ்கி போன்ற உருப்படுத்ததிற்கு மாற்றப்பட்டது. தரவுத்தொகுதியிலிருந்து 85,000 சொற்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது மற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக்கு பயிற்சி கொடுக்க அகராதியை உருவாக்கப்பட்டது. தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் நியூசிலாந்திலுள்ள வைகாடோ பல்கலைக்கழகத்தால் (University of Waikato, New Zealand) உருவாக்கப்பட்ட இயந்திர கற்றல் வழிமுறைகளுடன் சோதனைக்கான கருவியான வெக்காவைப் (Weka) பயன்படுத்தி செயல்படுத்தப்பட்டது.

7.3.2.5.1. விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு

எளிய எழுத்து-ஒலியன் சார்புகளைக் கண்டுபிடிக்க மொழியியல் விதிகள் அடிப்படையில் ஒன்று வலது ஒன்று இடது சூழலைப் பயன்படுத்தி விதி அடிப்படையிலான அமைப்பு தயாரிக்கப்பட்டது. ஒரு எழுத்து இடைவெளியைத் தாண்டி விதிகளைக் கண்டுபிடிப்பது விதி அடிப்படையிலான ஒழுங்கமைப்பில் மிகவும் கடினம். ஒழுங்குமுறை அதன் துல்லியதிற்கு பரிசோதிக்கப்பட்டு அட்டவணை 2 இல் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளது.

7.3.2.5.2. தீர்மானக் கிளையமைப்பு அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு

ஒலிபெயர்ப்பைத் உருவாக்குவதற்காக கைமுறையாக உருவாக்கப்பட்ட அகராதியைப் பயன்படுத்தி தீர்மானக் கிளையமைப்புகளுகுப் பயிற்சி அளிக்கப்படுகின்றன. ஆரம்பத்தில் விதி அடிப்படையிலான அமைப்பைப் பயன்படுத்தி பூட்ஸ்ட்ராப் செய்யப்பட்டது மற்றும் ஒரு வல்லுன மொழியியலாளரால் கைமுறையாக சீர்படுத்தப்பட்டது. முதலில், தீர்மானக்

கிளைகளை உருவாக்க எழுத்து அடையாளத்தைப் பற்றிய சிங்கிள்டன் கேள்விகள் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒழுங்கமைப்பு பரிசோதிக்கப்பட்டது மற்றும் துல்லியம் விதி அடிப்படையிலான அணுகுமுறையுடன் ஒப்பிடப்பட்டது.

மேலும், துல்லியத்தை அதிகரிக்க, மூக்கொலிகள் முன் உயிரொலிகள், பின் உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள், அடைப்பொலிகள் போன்ற ஒலியனகளின் ஒலிப்பு ஊக்கமளிக்கும் கொத்துகள் உருவாகப்பட்டது மற்றும் அவை கிளையமைப்புகளுக்குப் பயிற்சியளிக்க கேள்விகளாக (சிக்கலான கேள்விகள்) பயன்படுத்தப்பட்டன. அட்டவணை 2 இந்த சோதனைக்கான செயல்திறன் முடிவுகளை பட்டியலிடுகிறது.

எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு	சொல் நிலை	ஒலி நிலை
விதி அடிப்படையிலானது	94%	95.5%
தீர்மானக்கிளையமைப்பு சிங்கிள்டன் கேளிவிகள்	96.5%	98%
தீர்மானக்கிளையமைப்பு கலவைத்தன்மையான கேள்விகள்	98%	98.5%

7.3.3 அருண்குமாரின் தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை

அருண்குமார் (2010) 'தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை' (Text to speeh for Tamil) என்ற அவரது ஆய்வேட்டில் ஆய்வில் தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை பற்றி விரிவாக பேசுகின்றார். தற்போதைய உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை ஆய்வு இதற்கு முன் செய்யப்பட்ட உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளைக் கருத்தில் கொண்டு அவற்றைவிட மேம்பட்ட ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கும் எண்ணத்தில் திட்டமிடப்பட்டு நடைமுறை படுத்தப்பட்டுள்ளது என்று அவர் வாதாடுகின்றார். இது கணிபொறி திரையில் படிப்பதைவிட கேட்பதை விரும்புபவர்களுக்கும் டிஜிட்டல் நூல்களைப் படிக்க விரும்பாமல் கேட்க விரும்புபவர்களுக்கும் கணிபொறி திரையில் படிக்க இயலாக் குறைபாடு உடையவர்களுக்கும் உதவும் நோக்கத்துடன் மேற்கொள்ளப்பட்டது. இது குறித்து இப்பகுதியில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

7.3.3.1 ஒழுங்குமுறைத் திட்டவரைவு (system design)

ஒழுங்குமுறை திட்டவரைவு ஒழுங்குமுறையின் மேலோட்டப் பார்வை, ஒழுங்குமுறை கட்டமைப்பு இவற்றை உட்படுத்தும்

7.3.3.1.1 ஒழுங்குமுறையின் மேலோட்டப் பார்வை

இந்த ஒழுங்குமுறை தட்டச்சு செய்யப்பட்ட தமிழ் சொற்களையோ புரிந்துகொள்ளும் மற்றும் அதற்குப் பொருத்தமான பேச்சை உருவாகும். இவ்வொழுங்குமுறையின் அமைப்பு பின்னர் தரப்பட்டுள்ளது. இந்த ஒழுங்குமுறை இரண்டு நிலைகளைக் கொண்டது.

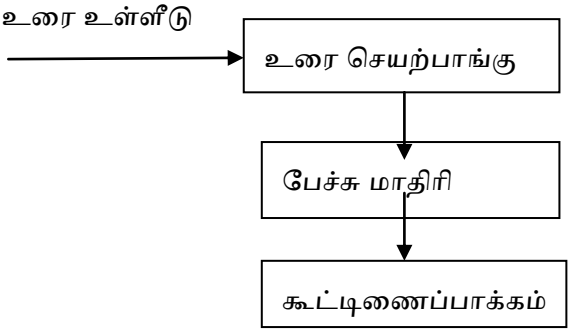
- உரை பகுப்பாய்வு நிலை (Text processing)
- இணைப்பாக்க நிலை (Concatenative phase)

கீழே தரப்பட்ட ஒழுங்குமுறைக்கு உள்ளீடு நேரடியாகத் தர இயலாது; சில உரை பகுப்பாய்வு செய்யப்படவேண்டும். பின்னர் இந்த பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்ட உள்ளிடப்பட்ட உரை பேச்சு செயற்பாங்கிற்கு உள்ளீடாகத் தரப்படும். செயற்பாங்கு முழுவதையும்முடித்தபின்னர் செயற்பாங்கு செய்யப்பட்ட உள்ளீடு உரை அடிப்படையில் தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பொருத்தமான பேச்சு கோப்பு எடுக்கப்படவேண்டும். ஒவ்வொரு ஒலியன் அல்லது ஒலியிருமையும் ஒரு தனி பேச்சு கோப்பு தரும்படி இணைக்கப்பட வேண்டும். பேச்சு கோப்பின் இந்த ஒன்றிணைப்பு செயற்பாங்கு ஒன்றிணைப்பு நிலையில் செய்யப்படுகின்றது.

7.3.3.1.2 ஒழுங்குமுறை கட்டமைப்பு (system architecture)

உரையின் செயற்பாங்கு பெர்ல் வழிமுறை திட்டத்தை பயன்படுத்தி (Per program) நிறைவேற்றப்பட்டுள்ளது.ஒவ்வொரு செயற்பாங்கிற்கும் அடிப்படையான நடைமுறை ஒழுங்குமுறைக்கு ஒருகட்டமைப்பை உருவாக்குவதாகும்; ஏனென்றால் அது ஒரு கட்டடத்தின் வரைபடம் போன்றது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் கட்டமைப்பு படம் 1-இலும் 2-இலும் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 1: உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் அடிப்படைஅமைப்பு

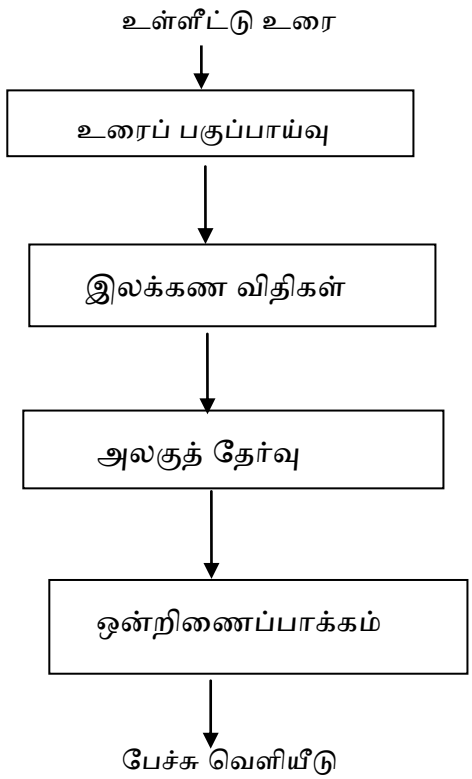


இந்த பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை பலவகை பயன்பாடுகளைக் கொண்டது. பேச்சு

கூட்டிணைப்பாக்கிகள் பேச்சுப் புரிவான்களிலும் தொலைபேசி அடிப்படையிலான மக்களுடன் கருத்தாடல் செய்யும் கருத்தாடல் செயலர்களிடையேயும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கிகள் மக்களிடம் பேசும் கருத்தாடல் அல்லாத பயன்பாடுகளான பார்வை குறைபாடுள்ளவர்களுக்கு உரக்கப் படித்தல், வீடியோ விளையாட்டுகள் அல்லது குழந்தைகளின் பொம்மைகள் இவற்றில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது.

இறுதியாக பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கி நரம்பு கோளாறு காரணமாகப் படிக்க இயலாதவர்களுக்கு வேண்டி பேச இயலும்.

படம் 2: உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பில் உள்ள செயற்பாங்குகள்



7.3.3.1.2.1 பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கச் செயற்பாங்கு

உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் முக்கியமான செயற்பாங்கு உள்ளீட்டு உரையைப் பேச்சுக் கோப்புகளாக மாற்றுவதாகும். இந்த ஒழுங்குமுறையில் தமிழ் உரையை தமிழ் உரையாக மாற்றும் செயற்பாங்கு நிறைவேற்றப்படுகின்றது. இதை கீழே தரப்பட்டுள்ள எடுத்துக்காட்டிலிருந்து புரிந்துகொள்ள இயலும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கியின் செயற்பாடு பின்வருமாறு உரையை அலைவடிவில் மாற்றுவதாகும்.

தமிழ் மொழி இனிமையானது.

பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை இரண்டு நடவடிக்கைகளை உள்ளடக்கும்:

1. முதலில் உள்ளீட்டு உரையை ஒலியனியல் அக உருப்படுத்தத்தமாக (phonemic internal representation) மாற்றுவது.
2. பின்னர் இந்த அக உருப்படுத்ததை அலைவடிவமாக மாற்றுவது.

முதல் நடவடிக்கை உரை ஆய்வு என்றும் இரண்டாம் நடவடிக்கை அலைவடிவ கூட்டிணைப்பாக்கம்.

7.3.3.1.2.2 உரைச் செயற்பாங்கு (text processing)

ஒலியனியல் அக உருப்படுத்தத்தை உருவாக்க வேண்டி பல வழிகளில் பக்குவப்படுத்தப்படாத உரை செயற்பாங்கிற்கு உட்படுத்தப்பட வேண்டு அல்லது இயல்பாக்கப்படவேண்டும். முதல் செயல்பாடு உரை இயல்பாக்கம் வாக்கியத்தை டோக்கன்களாகப்/கூறுகளாகப் பிரித்தல். கூட்டிணைப்பக்கத்திற்கு வேண்டி பத்தியை தனி கூற்றுகளாகப் பிரிப்பதற்கு வாக்கியம் முழுப்புள்ளிக்குப் பிறகு முடிகின்றது என்று அறியவேண்டும்; ரூ. என்ற கூற்றில் வரும் ரூ-வுக்குப் பிறகு வரும் புள்ளிக்குப் பிறகல்ல. ஒரு முழுபுள்ளிக்கு மாறாக காற்புள்ளி நிறுத்தற்குறியாக வந்தாலும் சேகரிக்கப்பட்ட சொற்களின் இறுதியில் வாக்கியம் முடிகின்றது என்றும் அறிய வேண்டும். இரண்டாவது இயல்பாக்கச் செயற்பாடு நிலைபேறற்ற சொற்களைக் கையாளுதல். நிலைபேறற்ற சொற்கள் எண்கள், தலைப்பெழுத்தன்கள், சுருக்கச்சொற்கள் போன்றவற்றைக் கையாளுதல். எடுத்துக்காட்டாக ‘மார்ச் 31’ என்பது ‘மார்ச் மூன்று ஒன்று’ என்றல்லாமல் மார்ச் முப்பத்தொன்பது என்று மாற்றப்படவேண்டும். ‘ரூ 1’ என்ற சுருக்கம் ‘ரூ ஒன்று’ என்றல்லாமல் ‘ரூபாய் ஒன்று’ என்று மாற்றப்படவேண்டும். உரை இயல்பாக்கத்தில் இரண்டாவது நடவடிக்கை நிலைபேறல்லாத சொற்களை இயல்பாக்குதல். எண்கள் அல்லது சுருக்கச் சொற்கள் அவை பேச்சாக மாற்றப்படும் முன்னர் விரிவாக்கப்படவேண்டும்.

எனவெ நாம் தமிழின் தனி எழுத்துக்களை ஒலிப்பதிவு செய்வதற்குப் பதிலாக எழுத்துக்களின் அதாவது ஒலியிருமைகளின் ஒன்றிணைப்புகளை பதிவுசெய்கின்றோம். இவ்வாறு செய்வது ஒழுங்குமுறையின் இயல்புத் தன்மையை மேம்படுத்தும்.

7.3.3.1.2.3. இலக்கண விதிகள்

உரைச் செயற்பாங்கிற்குப் பின்னர் நமக்கு செயற்பாங்கிற்கு உட்படுத்தப்பட்ட தமிழ் உரை கிடைக்கப்பெறும். அதை நேரடியாக மாற்றச் செயற்பாங்கிற்குத் தர இயலாது. தமிழ் உரை ரோமன் வடிவுக்கு மாற்றப்படவேண்டும். ஏனென்றால் கணிப்பொறி தமிழ் தரவை அப்படியே செயற்பாங்கு செய்ய இயலாது; எனவே மாற்றம் கட்டாயம் செய்யப்படவேண்டும். தமிழில் எழுத்துக்கள் வெவ்வேறு இடங்களில் வேவேறுவிதமாக உச்சரிக்கப்படுகின்றன.

மயக்கம் அடிப்படையில் தமிழ் ஒழுங்குமுறையை அமைப்பது ஆங்கில ஒழுங்குமுறையை அமைப்பதைக் காட்டிலும் எளியதாகும். ஆங்கில எழுத்துமுறை நெடுங்கணக்கு அடிப்படையிலானது; எழுத்துக்கும் உச்சரிக்கும் நேரடித் தொடர்பு இல்லை; பல எழுத்துக்களுக்கு உச்சரிப்பு இல்லை. எடுத்துக்காட்டாக ஆங்கிலத்தில் thought என்ற சொல்லை எடுத்துக்கொண்டால் சில எழுத்துக்களுக்கு நேரடி உச்சரிப்பு இல்லாததை அறிய இயலும். தமிழ் எழுத்துக்கள் அசை அடிப்படையிலானவை; எழுத்துக்களுக்கு நேரடி உச்சரிப்பு இருக்கின்றது. தமிழில் உள்ள எல்லா சொற்களையும் உச்சரிக்கத் தமிழுக்குக் குறைவான எழுத்துக்களே தேவைப்படும்; ஆனால் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பு அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் மாறும். இதை ஒலியனியல் விதிகளால் அல்லது இலக்கண விதிகளால் கையாளலாம். இந்த விதிகளைக் கொண்டு நம்மால் வரும் இடம் அடிப்படையில் தமிழ் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பை ஊகிக்க இயலும். இந்த செயற்பாங்கு இலக்கணத் தொகுதியில் செய்யப்படும்.

7.3.3.1.2.4 பேச்சு தரவு அடிப்படைத்தளம்

தமிழில் உள்ள எல்லா எழுதுக்களும் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டு தனியே ஒரு தரவு அடிப்படைத் தளத்தில் வைக்கப்படவேண்டும். உரை/பனுவல் செயற்பாங்கு, இலக்கண மாற்றம், ரோமன் எழுத்துக்கு மாற்றம் இவற்றிற்குப் பிறகு ஒழுங்குமுறை பேச்சு தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பொருத்தமுள்ள பேச்சுக் கோப்பை எடுக்கவேண்டும். தமிழ் எழுத்துக்களின் பேச்சு ஒலிகளின் ஒலிப்பதிவு கூடுதல் குறிகை செயற்பாங்கிற்குவேண்டி சில தேவைகளை அவசியப்படும்.

ஒலிப்பதிப்பு ஒலிப் பாதுகாப்பு அறையில் செய்யப்படவேண்டும்; தமிழ் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பு சிறப்பாக இருக்கவேண்டும்; பேச்சுக் கோப்பில் இரைச்சலைத் தவிர்க்க நல்ல ஒலிவாங்கி பயன்பத்தப்படவேண்டும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாகத்தில் துல்லியம் பேச்சு

வெளியீட்டைன் இயற்கைத் தன்மை அடிப்படையில் கணிக்கப்படுகின்றது. எனவே தமிழின் தனி எழுத்துக்களை ஒலிப்பதிவு செயவதற்குப் பதிலாக நாம் எழுத்துக்களின் ஒன்றிணைப்பை அதாவது ஒலியிருமையை ஒலிப்பதிவு செய்கின்றோம். இது உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் தரத்தை உயர்த்தும்.

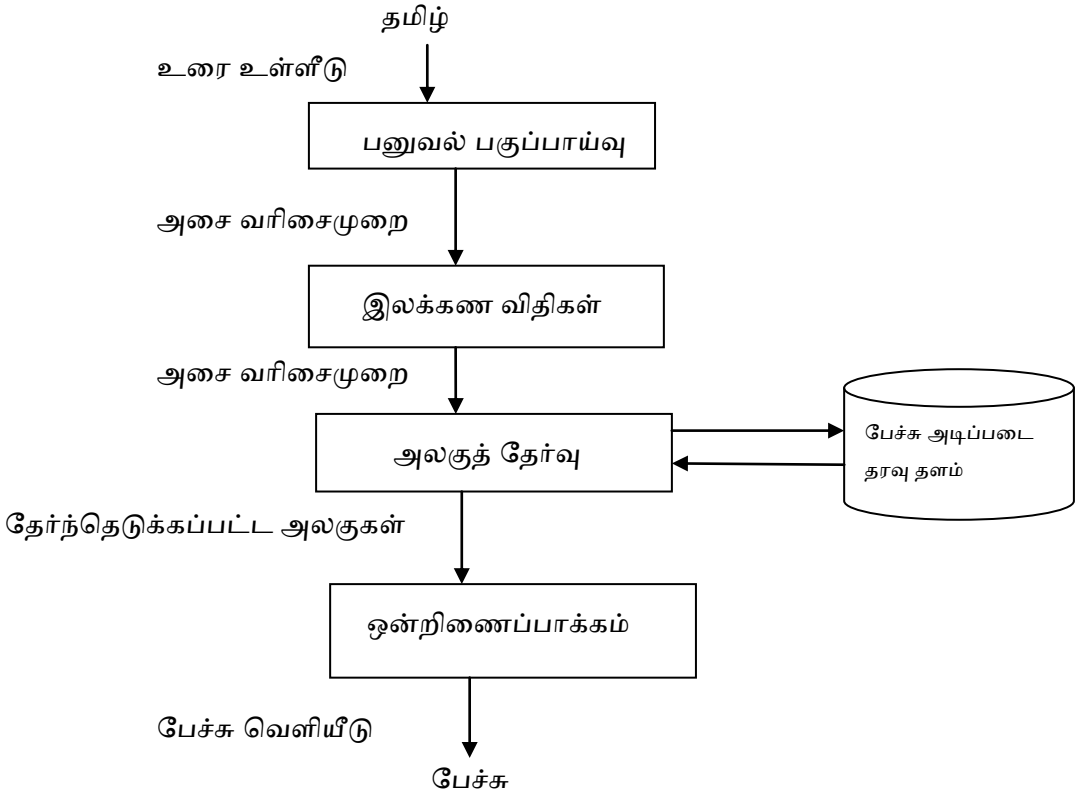
7.3.3.1.2.5 ஒன்றிணைப்பாக்கம்

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் இறுதி நிலை ஒன்றிணைப்பாக்கம் ஆகும். இது இயல்பான வடிவைப் பெற்ற பின் தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பொருத்தமான பேச்சு கோப்பைப் தெரிந்தெடுப்பதையும் இந்த எல்லா பேச்சுக் கோப்புகளையும் ஒரே கோப்பாக ஒன்றிணைப்பதையும் உட்படுத்தும். ஒன்றிணைப்பக்கச் செயற்பாங்கு மேட்லாபின் வழிமுறை திட்டத்தின் உதவியால் நடைமுறை படுத்தப்படும். இரண்டு பேச்சுக் கோப்புகளை ஒன்றிணைக்கும் போது ஏற்படும் தடுமாற்றத்தைத் தவிர்க்க மேட்லப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

7.3.3.2. நடைமுறைப்படுத்தல்

தமிழில் உரைலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்தை ஒன்றிணைப்பு நெறிமுறையைப் பயன்படுத்தி நடைமுறைப் படுத்தும் முறை பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் தொகுதிப் படம்



7.3.3.2.1. உரைப் பகுப்பாய்வு

உள்ளீடு செய்யப்பட்ட தமிழை அலகுத் தேர்வுக்கு நேரடியாகத் தர இயலாது; பதப்படுத்தப்படாத உரை/பனுவல் செயல்முறை படுத்தப்படவேண்டும் மற்றும் அது மேலும் செயல்முறைப் படுத்தலுக்குத் தரப்படும். உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்கமைப்புக்கு நாம் உள்ளீட்டை அசைகளாக அவசியப்படுகின்றோம். சொல் அசைகளின் வரிசையாகத் தரப்படும் போது இந்த ஒழுங்கமைப்பு எங்கே பிரிக்கவேண்டும் என்று அறியாது; எனவே இந்த வரிசை அசையாக்கத்தை செய்ய நாம் இயந்திரத்திற்கு சொல்லையோ வாக்கியத்தையோ எங்கே பிரிக்கவேண்டும் என்று சொல்ல வேண்டும்.

7.3.3.2.1.1 முன்செயல்முறைப் படுத்தம்

அசைபிரிப்பு செயல்முறை படுத்தத்திற்குத் தருவதற்கும் முன் சில முன்செயல்முறைப்படுத்தம் செய்யப்படவேண்டும். அதாவது சொற் பிரிப்பு செய்யப்படவேண்டும். பனுவல் இயல்பாக்கத்திற்கு முதல் செயல்பாடு வாக்கியத்தைச் சொற்களாகப் பிரிப்பதாகும். கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்திற்கு வேண்டி தமிழ் பத்திகளைத் தனித்தனிக் கூற்றுகளாகப் பிரிப்பதற்கு முதல் வாக்கியம் முற்றுப் புள்ளிக்குப் பின்னர் முடிவடையும் என்றும் முற்றுப்புள்ளி அல்லாத தா.நா... போன்றவற்றில் உள்ள புள்ளிகளில்

முடிவுறாது எனவும் தெரிந்துகொள்வது அவசியம். சொல்லைப் பிரித்தெடுப்பது ஓரவுக்கு எளிது; அதாவது பெரும்பாலான வாக்கியங்கள் முற்றுப் புள்ளியில் முடிவுறும். இருப்பினும் இது சுருக்கக் குறியீடுகளாலும் அரைப்புள்ளிகளாலும் அல்லது முந்தைய நேர்வைப் போன்று பிற நிறுத்தற் குறிகளாலும் முடிவுறும் சில நேர்வுகள் உள்ளன.

சுருக்கக்குறியீடுகளை விரிவாக்கியும் தேவையற்ற நிறுத்தற் குறிகளை நீக்கியும் இச்சிக்கலுக்குத் தீர்வுகாண இயலும். எடுத்துக்காட்டாக பின்வரும் வாக்கியத்தை எடுத்துக்கொள்வோம்.

அவன் வீடு சென்றான்.

இவ்வாக்கியத்தை முழுப்புள்ளி/முற்றுப்புள்ளியுடன் தொடர்புபடுத்திச் சொற்களைத் தனித்தனியாகப் பிரிக்க இயலும்; எனவே இவ்வாக்கியத்தில் சொற்களைப் தனித்தனியாகப் பிரிப்பதில் சிக்கல் இல்லை. ஆனால் பின்வரும் வாக்கியம் சிக்கல் உள்ளதாகும்.

அவன் தா.நா. சென்றான்.

இவ்வாக்கியத்தில் சுருக்கக் குறியீடுகள் வருகின்றன; அவற்றின் பின் முழுப்புள்ளி வருகின்றன. சுருக்கக்குறியீடுகளை விரிவாக்கி இச்சிக்கலைத் தீர்க்கலாம். இதனால் இதை முந்தைய நேர்வைப் போன்று சொற்களாகப் பிரிக்க இயலும். எல்லா தமிழ் சுருக்கக் குறியீடுகளையும் விரிவாக்க இயலாது; ஏனென்றால் சில அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சுருக்கக்குறியீடுகள் தனி தரவு அடித்தளத்தில் சேகரிக்கபட்டிருக்கும். அந்த சுருக்கக் குறியீடு இருந்தால் ஒழுங்கமைப்பு பனுவலை இடம்பெயர்க்கும்; இல்லாவிடில் அது மூலப் பனுவலை அவ்வாறே விட்டுவிடும். எல்லா சுருக்கக்குறியீடுகளையும் தரவு அடித்தளத்தில் சேர்ப்பது கடினம்; எனவே சில அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சுருக்கக் குறியீடுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பின்வருவன எடுத்துகாட்டுகளாகும்.

தா.நா. ⟶ தமிழ் நாடு

ரூ. ⟶ ரூபாய்

குழப்பத்தைத் தவிர்க்கவும் பேச்சில் இயற்கைத்தன்மை கெடாதிருக்கவும் தரப்பட்டுள்ள தமிழ் பத்தியிலிருந்து தேவையற்ற நிறுத்தற் குறியீடுகள் (:, ;, “, ‘ போன்றன) நீக்கப்படவேண்டும். உள்ளீட்டின் ஒவ்வொரு பனுவலும் ஒன்றிணைப்புக்கு வேண்டி எதாவது ஒலி கோப்புக்கு ஒதுக்கப்படவேண்டும். நாம் இந்த நிறுத்தற்குறிகளை வைத்திருந்து அவற்றிற்கு ஏதாவது பேச்சுப் பனுவல் ஒதுக்கினால் அது இறுதி வெளியீட்டுப் பேசுக் கோப்பின் இயல்பின்மைக்குக் கொண்டுசெல்லும். தரப்பட்ட வழிமுறைவரைவு இவற்றையெல்லாம் செய்யும் மற்றும் அது உள்ளீட்டுப் பனுவலில் உள்ள இடைவெளிகளுக்கு @ குறியீட்டை ஒதுக்கும். சில பத்திகளில் கூடுதல் இடைவெளி இருக்கும் மற்றும்

அதிகப்படியான நிறுத்தற்குறிகள் இருக்கும்; நிறுத்தற்குறி வெற்று இடைவெளியாக ஆக்கப்படும் மற்றும் ஒரு தனி இடைவெளியாகக் கூடுதல் இடைவெளிகள் ஆக்கப்படும். இறுதியாக இடைவெளிகளுக்கு @ குறியீடு ஒதுக்கப்படும்; இந்த @ குறியீடு மாட்லாபில் மௌனமாக ஒதுக்கப்படும். இது மேலும் வரும் செயல்முறையில் உதவியாகா இருக்கும்.

பனுவல் வழமையாக்குவதில் அடுத்த நடவடிக்கை தரமற்ற சொற்களை வழமையாக்குவதாகும். எண்கள் அல்லது சுருக்கக் குறியீடுகள் போன்று தரமற்ற சொற்கள் டோக்கன்களாகும்; அவைகள் உச்சரிக்கப்படுவதற்கு முன்னர் தமிழ்ச் சொற்களின் வரிசையாக விரிவாக்கப்பட வேண்டும். இந்த தரமற்ற சொற்களைப் பற்றிய சிக்கல் என்னவென்றால் அவை பெரும்பான்மையும் மயக்கம் உள்ளவை. எடுத்துக்காட்டாக 1750 என்ற எண் சூழல் அடிப்படையில் குறைந்தது மூன்று வேறுபட்ட வழிகளில் பேசப்பட இயலும்.

பதினேழு ஐம்பது.

ஆயிரத்து எழுநூற்றி ஐம்பது.

மூன்று ஏழு ஐந்து பூஜியம்.

இவ்வெல்லா நேர்வுகளுக்கும் ஒரு தனியான நெறிமுறையைக் கருத்திற்கொண்டு இச்சிக்கலைக் கையாளலாம். தமிழுக்கு எண் ஒழுங்கமைப்பு பைத்தான் குறியனில் ஏற்கனவே உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இது நூற்றுக்கு நூறு துல்லியத்தைத் தரும்; இதைப் பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையில் உட்படுத்த இயலும்; அனால் இது ஒழுங்குமுறையைத் தாமதப்படுத்தும்.

7.3.3.2.1.2 அசை பிரித்தல் (Syllabification)

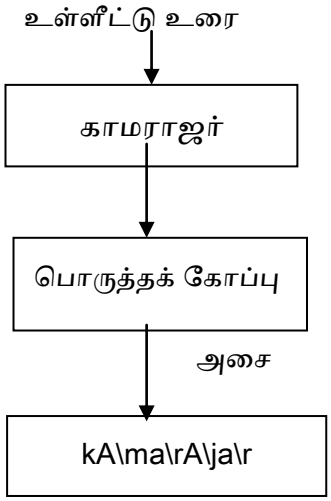
இதைப் பல வழிகளில் செய்ய இயலும்; எடுத்துக்காட்டாக அசைப்பிரித்தல் வழிமுறைவரைவு ஒரு சொல்லைக் குறைந்த எண்ணிக்கையிலான பிரிப்புகள் வரும்படி சொல்லைப் பிரிக்கும்; ஏனென்றால் குறைந்த எண்ணிக்கையிலான ஒன்றுசேர்ப்புகள் குறைந்த செயற்கை விளைவுகளைக் கொண்டிருக்கும். வழிமுறைவரைவு சொல்லை உருவாக்கும் பல்லசை அலகுகளுக்கு வேண்டி தேடும்; அலகுகளின் கண்டுபிடிப்புக்கு வேண்டி தரவு அடித்தளத்தை மீண்டும் சரிபார்க்கும்; பின்னர் சொல்லை அதன்படி பிரிக்கும். பல்லசை அலகுகள் கிடைக்காவிடில் வழிமுறைவரைவு இயல்பாகச் சிறிய அலகுகளை எடுக்கும். இதன் அர்த்தம் அசை அலகுகளுடன் மொழியின் எல்லா ஒலிகளாலும் தரவு அடித்தளம் நிறைக்கப்பட்டால் வழிமுறைவரைவு பெரிய அலகுகள் கிடைக்காவிடில் ஒலிகளைத் தெரிவுசெய்யும்.

ஆனால் தற்போதைய ஒழுங்கமைப்பில் இந்த நெறிமுறை பின்பற்றப்படவில்லை; மாறாக தமிழ் எழுத்துக்களைக் கொண்டிருக்கும் பொருத்தக் கோப்பு (mapping file)

பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உள்ளீடு செய்யப்பட்ட தமிழ் எழுத்துக்களுக்குப் பதில் தொடர்புள்ள உரோமன் எழுத்துக்கள் எடுக்கப்பட்டு அசைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. இந்தப் பொருத்தக் கோப்பில் முக்கிய செய்தி எழுத்துக்களின் வரிசை தமிழ் எழுத்துக்களின் நீளம் அடிப்படையில் அமைய வேண்டும். எழுத்துக்கள் தேவைப்படும் முறையில் வரிசைப்படுத்தப்படாவிடில் ஒழுங்கமைப்புத் தவறு நிகழும் மற்றும் வெளியீடு கிடைக்கப்பெறாது.

எடுத்துக்காட்டாக உள்ளீடாக *அம்மா* என்ற தமிழ்ச் சொல் இருந்தால் *அ* மற்றும் *ம்* என்பன சிக்கல் வாய்ந்தன அல்ல. *ம* என்பது *மா* முன் வந்தால் பெரிய சிக்கல் வரும். வழிமுறைவரைவு *ம*-க்கு வேண்டி தேடும்; பின்னர் *மா*-ஐ *ம*-ஆக இடம் பெயர்க்கும். இதனால் ஒரு புரிந்துகொள்ளப்படாத எழுத்து வரும்; எனவே ஒழுங்கமைப்பு அலகுத் தேர்வுக்கு வேண்டி இதைச் செயற்பாங்கு செய்ய இயலாது; எனவேதான் எழுத்துக்களின் வரிசை முறை கட்டாயம் ஆகும்.

காமராஜர் என்ற சொல்லின் அசை பிரிப்பு



தமிழ் எழுத்து-உரோமன் எழுத்துப் பொருத்தம்

தமிழ் எழுத்து	உரோமன் எழுத்து
இ	i
ஈ	I
உ	u
ஊ	U
எ	e
ஏ	E

ஐ	ai
ஒ	o
ஓ	O
ஔ	au
ஃ	q
க	ka
ங	nga
ச	sa
ஞ	nja
ட	da
ண	Na
த	tha
ந	wa
ப	pa
ம	ma
ய	ya
ர	ra
ல	la
சா	sA
சி	si
சீ	sI
சு	su
சூ	sU
செ	se
சே	sE
சை	sai
சொ	so
சோ	sO
சௌ	sau

தொடர்புள்ள உரோமன் எழுத்துடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள தமிழ் எழுத்து பொருத்தக் கோப்பின் பாகமாகும். இதில் எழுத்துக்கள் எல்லாம் நீளம் அடிப்படையில் வரிசைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

7.3.3.2.2. இலக்கண விதிகள்

தமிழில் பனுவல் வடிவமைப்பில் உள்ள ஒரே எழுத்து அவை வரும் வேறுபட்ட இடங்கள் அடிப்படையில் வேறுபட்ட உச்சரிப்புகளைக் கொண்டிருக்கும். இதைப் பல வழிகளில் தீர்வு காணலாம்: விதிகளை எழுதியோ அல்லது எஸ்.வி.எம். வழிமுறைவரைவு, எச்.எம்.எம் போன்ற இயந்திரம் கற்றல் அணுகுமுறைகளில் ஒன்றாலோ தீர்வுகணாலாம். இயந்திரம் கற்றல் அணுகுமுறையைப் பயன்படுத்தும் முந்தைய பல அணுகுமுறைகள் போலல்லாமல் இங்கு ஒலியியல் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

எல்லா எழுத்துக்களையும் உச்சரிப்பதை நிறைவேற்ற தமிழ் எழுத்துக்கள் போதுமானவை அல்ல என்று கூற இயலும். மலையாளம், கன்னடா போன்ற தென் திராவிட மொழிகள் உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாள அதிக எழுத்துக்களைக் கொண்டுள்ளன. எனவே தமிழில் உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாள முழு இலக்கண, ஒலி-ஒலியனியல் அமைப்புகளை அறிந்திருப்பது அவசியம். ஆங்கிலத்தில் எழுத்துக்கள் உச்சரிப்பு மயக்கம் காட்டுகின்றன. தமிழில் அத்தகைய நிலை இல்லை.

பின்வரும் வாக்கிய எடுத்துக்காட்டுகளை நோக்குவோம்.

கடவுள் பூமிக்குச் சென்றார்.

கணபதி பள்ளிக்குச் சென்றான்.

முதல் வாக்கியதில் முதல் எழுத்து க என்பது [ka] எனவும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் முதல் எழுத்து க எனபது [ga] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது. இவ்விதமான உச்சரிப்பு வேறுபாடுகள் உள்ள எழுத்துக்கள் தமிழில் மேலும் உள்ளன. பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகளை நோக்கவும்.

வீட்டைப் பூட்டிச் சென்றார்.

கடவுள் பூமிக்கு வந்தார்.

முதல் வாக்கியத்தில் பூ என்பது [pU] என்றும் இரண்டாம் வாக்கியத்தில் பூ என்பது [bU] என்றும் உச்சரிக்கப்படுகின்றன. இது போன்று ச என்ற எழுத்தும் வேறுபட்டு உச்சரிக்கப்படும். பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகள் இதை தெளிவுபடுத்தும்.

அவன் திசை காட்டினான்.

செடி பச்சையாக இருக்கும்.

முதல் வாக்கியத்தில் சை என்பது [sai] எனவும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் [cai] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது. இந்த உச்சரிப்பு மாற்றத்தை விதிகளால் தர இயலும். ச் என்பது உயிர்களுக்கிடையில் [s] எனவும் ச்-க்குப் பிறகு [c] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது என விதி

தரலாம். ச என்பது மொழி முதலில் சில பேச்சு நடைகளில் [sa] எனவும் வேறு சில பேச்சு நடைகளில் [ca] எனவும் உச்சரிக்கப்படும்.

சங்கம் [sanggam] / [canggam]

சாதி [saadi] /[caadi] /[jaadi]

பின்வரும் வாக்கியங்களை எடுத்துக்கொள்வோம்.

ராமன் பாடம் படித்தான்.

அருண் பட்டம் விட்டான்.

முதல் வாக்கியத்தில் ட என்பது [da] என்றும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் [ta] எனவும் உச்சரிக்கப்படுவதை உணரலாம். இந்த உச்சரிப்பு மாற்றத்தை விதிகளால் தர இயலும். என்பது உயிர்களுக்கிடையில் [d] எனவும் ட்-க்குப் பிறகு [t] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது என விதி தரலாம்.

இவை மட்டுமன்றி சில தமிழ் எழுத்துக்கள் ஒத்தறி அடிப்படையில் நீண்ட, குறுகிய, மித உச்சரிப்பு அளவெல்லைகளை அவை வரும் இடத்திற்குத் தகுந்தாற் போல் கொண்டிருக்கும் எடுத்துக்காட்டாக து என்பது அது வரும் இடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் ஒத்தறி அடிப்படையில் நீண்ட, குறுகிய, மித உச்சரிப்பைக் கொண்டிருக்கும்

எ.கா.

பந்து (து நீண்ட உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது.)

துவங்கினான் (து குறுகிய உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

பாதுகாப்பு (து மித உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

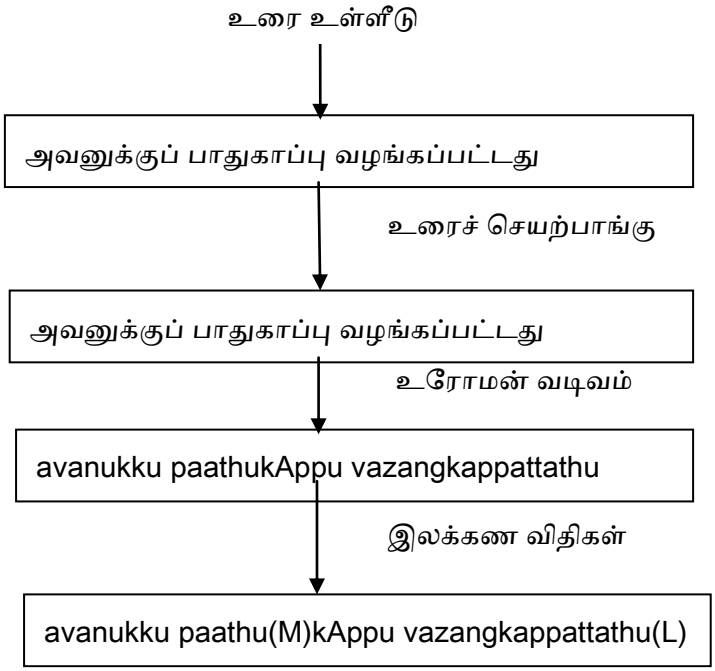
இதுபோன்று பு என்பதும் பின்வருமாறு மூன்று உச்சரிப்புகளைக் கொண்டிருக்கும்.

பருப்பு (பு நீண்ட உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது.)

புலவர் (பு குறுகிய உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

அன்புடையார் (பு மித உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

60% எழுத்துக்கள் இந்தப் பண்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே பனுவலிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்கு இவ்வகையிலான தகவல்கள் தேவை. நமது வழிமுறைவரைவு எழுத்துக்களின் இடம் அல்லது சூழல் அடிப்படையிலான உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாளும் வகையில் அமைந்துள்ளது. பின்வரும் ஒழுக்குப்படம் பனுவலிலிருந்து பேச்சை கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யும் செயற்பாட்டை ஒரு எடுத்துக்காட்டால் விளக்கும்.



7.3.3.2.3 பேச்சுத் தரவு அடித்தளம்

இந்த ஆய்வின் முக்கியமான பகுதி தமிழின் எல்லா எழுத்துக்களையிம் அதாவது 247 எழுத்துகளையும் தேவையான ஒரு சில வடமொழி எழுத்துக்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்வதாகும். இறுதியில் தரவு அடித்தளம் 350 வரை பேச்சுக் கோப்புக்களைக் கொண்டுள்ளது. இலக்கண அடிப்படையில் அதாவது சூழல் அடிப்படையில் உச்சரிப்பில் வேறுபடும் எழுத்துக்கள் அவற்றின் தொடர்புள்ள பேச்சுக் கோப்பில் வைக்கப்படவேண்டும்; எனவே அவைகளும் கோப்புகளில் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டிருப்பது அவசியமாகும். பெரும்பாலான தமிழ் எழுத்துக்கள் மூன்று வகையான உச்சரிப்புக்களைக் கொண்டிருக்கும். இத்தகவல் பேச்சு வெளியிட்டுக்கு முக்கியமாகும்.

இயல்பான எழுத்துக்களிலிருந்து ஒரே எழுத்தின் மூன்று வேறுபட்ட வடிவங்கள் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டு தரவு அடித்தளத்தில் சேகரிக்கப்படவேண்டும். ஒரே எழுத்து வேறுபட்ட இடங்களில் வேறுபட்டு உச்சரிக்கப்படுவதால் அடிப்படை நெடுங்கணக்கிலிருந்து தனியாக இலக்கண அடிப்படையில் அல்லது சுழல் அடிப்படையில் வேறுபடும் எழுத்துக்கள் தனியாக ஒலிப்பதிவு செய்யப்படவேண்டும். இந்த தரவு அடிப்படையால் நாம் மிக துல்லியமான உச்சரிப்பைப் பெற இயலாது; அதாவது இயல்பான அல்லது இயற்கையான உச்சரிப்பைப் பெற இயலாது.

நாம் எல்லா தமிழ் சொற்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்ய இயலும்; இதனால் நாம் மிக உயர்ந்த இயல்பான உச்சரிப்பைப் பெற இயலும்; ஆனால் எல்லாத் தமிழ்ச் சொற்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்ய இயலாது. குறைந்தது அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படும் சொற்களை தரவு அடித்தளத்தில் ஒலிப்பதிவு செய்து வைத்திருப்பது நல்ல இயல்புத்தன்மைக்கு வழி வகுக்கும். தரவு அடித்தளத்தில் இதைச் சேர்ப்பது அதிக அளவு இடம் தேவைபடாது; மட்டுமன்றி; முந்தைய நெறிமுறையோடு ஒப்பிடுகையில் செயற்பாங்கு காலமும் குறைவாகும்.

இருப்பினும் இது முழுச்சொல்லை பதிவு செய்வது போன்று வெளியீட்டுப் பேச்சு இயல்புத்தன்மையைத் தரும். அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படும் சொற்கள் உருபனியல் அடிப்படையில் திரிபுற்று வரலாம். எனவே இது அதிக காலத்தை எடுக்கும் வேலையாகும். உயிர்கள் மற்றும் மெய்களின் ஒன்றிணைப்பு பனுவல்-பேச்சு ஒழுங்குமுறையில் நல்ல விளைவைத் தரும். இந்த ஒன்றிணைப்பு 4457 கோப்புகளைக் கொண்டிருக்கும்; இது தரவு அடித்தளத்தில் சேர்க்கப்படும். எடுத்துக்காட்டாக ஒன்றிணைப்பு அட்டவணை பின்வருமாறு அமையும்.

உயிரொலிகள் மெய்யொலிகள்	அ	ஆ	இ	ஈ	உ	ஊ	எ	ஏ	ஐ	ஒ	ஓ	ஔ
க்	க	கா	கி	கீ	கு	கூ	கெ	கே	கை	கொ	கோ	கௌ
ங்	ங											
ச்	ச	சா	சி	சீ	சு	சூ	செ	சே	சை	சொ	சோ	சௌ
ஞ்	ஞ	ஞா	ஞி	ஞீ	ஞு	ஞூ	ஞெ	ஞே	ஞை	ஞொ	ஞோ	ஞௌ
ட்	ட	டா	டி	டீ	டு	டூ	டெ	டே	டை	டொ	டோ	டௌ
ண்	ண	ணா	ணி	ணீ	ணு	ணூ	ணெ	ணே	ணை	ணொ	ணோ	ணௌ
த்	த	தா	தி	தீ	து	தூ	தெ	தே	தை	தொ	தோ	தௌ
ந்	ந	நா	நி	நீ	நு	நூ	நெ	நே	நை	நொ	நோ	நௌ
ப்	ப	பா	பி	பீ	பு	பூ	பெ	பே	பை	பொ	போ	பௌ
ம்	ம	மா	மி	மீ	மு	மூ	மெ	மே	மை	மொ	மோ	மௌ
ய்	ய	யா	யி	யீ	யு	யூ	யெ	யே	யை	யொ	யோ	யௌ
ர்	ர	ரா	ரி	ரீ	ரு	ரூ	ரெ	ரே	ரை	ரொ	ரோ	ரௌ
ல்	ல	லா	லி	லீ	லு	லூ	லெ	லே	லை	லொ	லோ	வௌ

வ்	வ	வா	வி	வீ	வு	வூ	வெ	வே	வை	வொ	வோ	வௌ
ழ்	ழ	ழா	ழி	ழீ	ழு	ழூ	ழெ	ழே	ழை	ழொ	ழோ	ழௌ
ள்	ள	ளா	ளி	ளீ	ளு	ளூ	ளெ	ளே	ளை	ளொ	ளோ	ளௌ
ற்	ற	றா	றி	றீ	று	றூ	றெ	றே	றை	றொ	றோ	றௌ
ன்	ன	னா	னி	னீ	னு	னூ	னெ	னே	னை	னொ	னோ	னௌ

தரவு அடித்தளப் பகுதி முடிந்துவிட்டால் இலக்கண விதிகளிலிருந்தான வெளியீடு உரோமன் வடிவில் இருக்கும்; இது ஏற்கனவே அசைபிரிக்கும் செயற்பாங்கிற்கு உள்ளாகி இருக்கும். எனவே அலகுத் தேர்வுப் பகுதி சரியான பேச்சுக் கோப்பை ஏற்கனவே உருவாக்கப்பட்ட பேச்சு அடித்தளத்திலிருந்து எடுக்கும். இந்த அலகுத் தேர்வில் செய்யப்படும் செய்யபடும் முக்கியச் செயற்பாங்கு தொடர்புள்ள அசைபிரிக்கப்பட்ட வாக்கியத்தின் பேச்சுக் கோப்பை எடுக்கும் மற்றும் இந்த பேச்சு அலகுகளை குழுமும் அமைப்பை உருவாக்கும்.\

7.3.3.2.4 ஒன்றிணைப்பாக்கம் (Synthesis)

இறுதியான மற்றும் முடிவான செயற்பாங்கு ஒன்றிணைக்கும் செயற்பாங்காகும். வரிசைப்படுத்தப்பட்ட பேச்சு அலகுகள் ஒன்றிணைப்பு வழிமுறைவரைவைப் பயன்படுத்தி ஒன்றிணைக்கப்படும். பேச்சுக் கோப்புகளின் ஒன்றிணைப்பு மாட்லாபைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படுகின்றது. ஒன்றிணைக்கும் செயற்பாங்கின் முக்கியமான சிக்கல் சேரும் இடங்களில் தடுமாற்றங்கள் ஏற்படுவதாகும். இவ்வாய்வில் தடுமாற்றங்கள் நேர்த்தியான ஒலிப்பதிவால் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்றிணைப்புச் செயற்பாங்கு அலகுத் தேர்வு செயற்பாங்கின் வெளியீடாகத் தரப்படும் எல்லாப் பேச்சுக் கோப்புகளையும் ஒன்றிணைக்கும் மற்றும் ஒரு தனிப் பேச்சுக் கோப்பாக மாற்றும். இதை எப்போது வேண்டுமானாலும் இயக்கவோ நிறுத்தவோ இயலும். இவ்வாய்வின் முக்கியமான நோக்கம் பேச்சு வெளியீட்டில் இயற்கைத்தன்மையை/ இயல்புத்தன்மையைப் பெறுவதாகும்.

7.3.3.2.5. முடிவு

உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் வெளியீட்டைக் காட்டுவதற்கு வரைபட பயன்பாட்டாளர் இடைமுகம் (Graphical User Interface (GUI)தயார் செய்யப்பட்டுள்ளது. ஜி.யு.ஐ.-க்குப் பின்னால் பனுவல் செயற்பாங்கிற்கு ஒரு வழிமுறைவரைவும் ஒன்றிணைப்பாக்கத்திற்கு மற்றொரு வழிமுறைவரைவும் ஆக்கப்பட்டுள்ளன. பனுவல் செயற்பாங்கு வழிமுறைவரைவு பெர்ல் வழியமைப்பால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்றிணைப்பு வழிமுறைவரைவு மேட்லாப் வழியமைப்பால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் வாக்கியத்தை பனுவல் பெட்டியில் தட்டச்சு செய்து பனுவல்-குரல் பொத்தானைச் சுட்டினால் இறுதிப் பேச்சு வெளியீடு கேட்கும். பேச்சுக் கோப்பை நிறுத்தல் பொத்தானைச் சுட்டி எந்தக் காலத்திலும் நிறுத்த இயலும்.

8. சுருக்கவுரை

இவ்வியல் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தை அறிமுகம் செய்கின்றது. இவ்வியலில் பேச்சொலிகளின் ஒலிபெயர்பு, ஒலியன் விதிகளும் முற்றுநிலை மாறிகளும், உரையிலிருந்து பேச்சுக்குவேண்டி உரையை ஒலியன்களுக்குப் பொருத்துதல், உரையிலிருந்து பேச்சில் மீக்கூறு என்பன பற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு, பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறைகள், உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகள் இவை பற்றியும் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளன.

மேலும் இவ்வியலில் உரையிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பு ஆக்கம் பற்றியும் அதன் பல அணுகுமுறைகள் பற்றியும் விளக்கப்பட்டுள்ளன; பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்க நெறிமுறைகளின் நிறைகளும் குறைகளும் பற்றியும் கூறப்பட்டுள்ளன. மேலும் தமிழில் மேற்கொள்ளப்பட்ட உரையிலிருந்து பேச்சு ஆய்வுகள் குறித்தும் விரிவான விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது.

உரையிலிருந்து பேச்சாய்வு ஒழுங்குமுறைகள் பேச்சு குறைபாடு உள்ளவர்களுக்கும் மின்புத்தகங்களை உரக்கப் படிக்க விரும்புவர்களுக்கும் பயனுள்ளதாகும். இன்றைய நாளில் பல தமிழ் நூல்கள் இலக்கவெண்ணியலாக்கம் செய்யப்படுகின்றன. பல வேற்று மொழி நூல்கள் தமிழில் மொழி பெயர்க்கப்பட்டு இலக்கவெண்ணியல் வடிவில் உள்ளன. தற்போதைய ஒழுங்குமுறை வாய்விட்டுப் படிக்க இயலாதவருக்கும் வாய்விட்டு படித்து சக்தியை வீணாக்க விரும்பாதவர்களுக்கும் வரப்பிரசாதமாய் அமையும்.